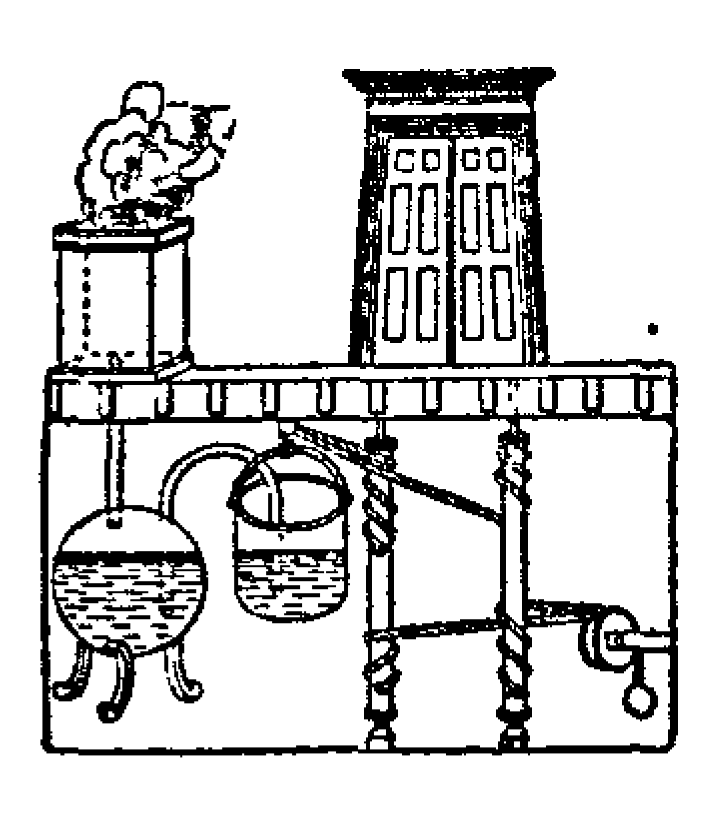
مُوجَز
فى
المحركات الحرارية والمائية وآلات أخرى

كتاب ابتدائي يبحث بأختصار في المحركات والآلات الشائع استعمالها في مصر . وهو في متناول طلبة السنه الاولى بمدرسة الهندسه الملكيه بالجيزه وتلاميذ الاقسام الثانويه بالمدارس الصناعيه والمساعدين الفنيين

تأليف

كامل اسكندر Ph.D. , M.Sc.

مدرس بمدرسة الهندسة الملكية بالجيزه



الطبعة الاولى : مايو سنة ١٩٣١

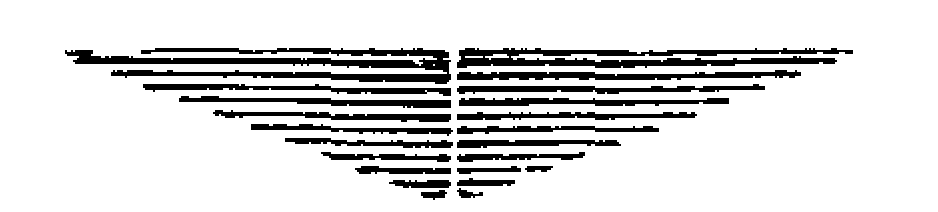
مطبعة وديع ابو فاضل بشارع كامل نمرة ٢ بمصر

محتويات الكتاب

صفحة

الفصل الثامن — المحركات الدورانية

الفصل التاسع — آلات منوعة



مقدمة

لما عُدّلت مناهج مدرسة الهندسة في العام الماضي وأدخل علم الآلات ضمن برامج طلبة السنة الأولى والفرق التي فاتها دراسة هذا العلم عهد اليّ بتدريس هذه المادة لطلبة القسم المدني بالمدرسة فشعرت بحاجة الطلبة الى مذكرات موجزة تحوى رسومات وأشكالا مفصلة تقرب المادة للفهم بلا كبير عناء وفي نفس الوقت تسد باب استظهارها على الطلبة بوضعها في غير اللغة التي تدرس بها المادة والتي يؤدون الأمتحان بها .

وتوقعا لما لمثل هذه المذكرات من فائدة ليس للطلبة فقط بل لجمهور المهندسين والمساعدين الفنيين في مصر عملت على اخراجها بشكل مؤلف صغير يكون في متناول الجميع على السواء .

وقد كان وضع المصطلحات الفنية في صيغة عربية صحيحة من اهم ما سعيت اليه في هذا الكتاب . وأن كنت لا أجرأ على الأمل بأني بلغت في ذلك حد الكمال الا انى ارجو ان اكون قد وضعت نواة صالحة لهذا العمل يتناوله التطور والاستكمال .

ولا يسعنى في هذا المقام الا الاعتراف بما لحضرة صاحب العزة الدكتور عبد الرحمن الساوي بك وكيل مدرسة الهندسة من جميل لما أظهره نحو هذا المؤلَّف من رعاية وأهتمام مما شجعني على المضي في هذا المجهود المتواضع لنهايته .

المؤلف

ابتدائى فى المحركات الحرارية والمائية

وآلات أخرى

الفصل الاول

مبادىء الميكانيكا العامة

بند ١ **الحركة** يقال ان نقطة ا ثابتة أو في سكون بالنسبة لنقطة اخرى ب (شكل ١) عند ما يكون الخط ا ب الواصل بين النقطتين ثابت الطول والاتجاه

شكل (١)

فاذا تغير طول الخط ولم يتغير اتجاهه كانت الحركة استقامية واذا تغير الاتجاه وكان الطول ثابتا كانت الحركة دائرية واذا تغير الطول والاتجاه معا كانت الحركة مركبة من الحركتين السالفتين . ويلاحظ هنا ان الحركة نسبيه محض أي أنه ربما كانت للنقطه ب حركة معينه وكان الخط ا ب ثابت الطول والاتجاه اثناء تلك الحركة فلو ان للنقطتين ا ٯ ب حركة معينة بالنسبة لنقطة أخرى في الفضاء الا أنه لا تزال النقطة ا ثابته بالنسبه للنقطة ب

بند ٢ **السرعة** هي معدل تغيير موضع نقطةٍ ما في جسم بالنسبه لنقطة أخرى في جسم آخر اصطلح انه ثابت وتتعين سرعة الجسم المتحرك في

لحظة ما حينما يتعين (أولا) اتجاه الحركه (ثانيا) معدل الحركه في هذا الاتجاه (وثالثا) وجهة الحركة ويمكن تمثيل السرعه تمثيلا تاما بخط مستقيم اذ يمثل اتجاهه اتجاه الحركة ويمثل طوله بمقياس رسم ما معدل الحركة ويمثل وجهة الحركة اما بسهم يوضع على الخط او بترتيب وضع الحروف على طرفى الخط . وتقاس السرعة الخطية بوحدات المسافة في وحدات الزمن والسرعة الدائرية أما بزوايا نصف قطرية أو بعدد اللفات في وحدة الزمن والمعادلة الرياضية الدالة على السرعه هى

$$ع = \frac{ى س}{ى ن} \qquad \text{أو} \qquad \omega = \frac{ى \Theta}{ى ن}$$

حيث ع = السرعة الخطيه ، س = مقدار الحركة الخطيه في اتجاه السرعة

، ω = السرعة الدائريه ، Θ = مقدار الحركة الدائرية

، ن = الزمن

والسرعة الخطية في لحظة ما لجسم يدور حول مركزٍ ما يبعد عنه مسافة = بو هى ع = بو × ω

وأذا كانت السرعة الدائرية مقاسه بعدد اللفات «ر» في وحدة الزمن

$$\therefore \quad ع = ٢ ط بو \times \omega = ٢ ط بو \times \frac{ى \Theta}{ى ن}$$

بند ٣ **العجلة** . هى معدل تغير السرعة وتقاس بوحدات المسافة في مربع وحدة الزمن أذا كانت الحركة خطية أو بزوايا نصف قطريه في مربع الزمن أذا كانت الحركة دائرية فأذا رمزنا للعجله الخطية بالحرف ى والعجلة الدائرية بالحرف ا تكون المعادلات الدالة على حركة جسم هى كما يأتي

	حركة خطية	حركة دائرية
نقطة تتحرك بسرعة مقدارها ...	... $ع_{1}$ ...	... ω_{1} ...
وبعجلة منتظمة » ...	... $ى$ ...	... $ا$ ...
فبعد مضى زمن مقداره ...	... $ن$ ...	... $ن$ ...
تكون السرعه	... $ع = ع_{1} + ى\,ن$ ...	... $\omega = \omega_{1} + ا\,ن$ ...
ويكون متوسط السرعه اثناء هذا الزمن	$= \frac{1}{2}(ع + ع_{1})$ $= ع_{1} + \frac{1}{2}\,ى\,ن$	$= \frac{1}{2}(\omega + \omega_{1})$ $= \omega_{1} + \frac{1}{2}\,ا\,ن$
ويكون مقدار الحركة اثناء هذا الزمن	$س = ع_{1}\,ن + \frac{1}{2}\,ى\,ن^{2}$	$\Theta = \omega_{1}\,ن + \frac{1}{2}\,ا\,ن^{2}$
فأذا ابتدأت النقطة من السكون تكون ن	$ع = ى\,ن$ $س = \frac{1}{2}\,ى\,ن^{2}$	$\omega = ا\,ن$ $\Theta = \frac{1}{2}\,ا\,ن^{2}$

بند ٤ **القوة** هي العامل الذي يجعل الجسم يميل الى الحركة اذا كان في حالة سكون أو الى تغيير حركته اتجاها أو مقدارا أو كليهما معا أذا كان في حالة حركة منتظمه . وتعين القوه تعيينا تاما اذا علم مقدارها واتجاهها والنقطه المسلطه عليها ووحدة القوه هي المقدار الذي يحدث تغييرا منتظما مقداره يساوي وحدة العجله في جسم كتلته تساوي الوحـده (وكتلة الجسم هي كمية المادة التي يحو بها ذلك الجسم) أى ن = ك × ى

حيث ن = القوه ، ك = الكتله ، ى = العـجله الخـطيه

والقوه التى تجـذب جسم ما نحو الارض تسمى وزن الجسم فاذا كانت عجلة جسم ساقط نحو الارض = ﺣ وكتلته ك يكون وزنه

و = ك × ﺣ

$$\text{أو ك} = \frac{\text{و}}{\text{ﺣ}}$$

فاذا كان جسم وزنه و يتحرك في أي اتجاه بعجلة مقدارها ى فان القوه المسببه لهذه الحركة يعبر عنها بالمعادلة

$$\text{ن} = \frac{\text{و}}{\text{ﺣ}} \times \text{ى}$$

بند ٥ **القوة المركزية الطاردة** ـ العجلة الخطية لجسم يدور حول نقطة بسرعة منتظمة معبرا عنها بالقانون $\frac{\text{ع}^{2}}{\text{س}}$ حيث ع = السرعة

، س نصف قطر دائرة الحركة واتجاه هذه العجلة هي نحو مركز الدائرة

فتكون القوة المركزية الحافظة لحركة الجسم الدائرية =

$$ك \times \frac{ع^{٢}}{نق} = \frac{و}{حـ} \times \frac{ع^{٢}}{نق}$$ حيث و = وزن الجسم ، حـ =

عجلة التثاقل ، ك = كتلة الجسم وهذا ايضاً هو مقدار القوة المركزية الطاردة للجسم من حركته الدائرية

بند ٦ **عزم القوة** حول أي نقطة أو حول محور ليس في مستوى القوة يعبر عن مقدرة هذه القوة على الدوران حول النقطة أو المحور ويقاس العزم هذا بحاصل ضرب القوة في المسافة العمودية بين القوة والنقطة أو المحور وقياسا على ذلك يمكن اعتبار حاصل ضرب مساحة أي شكل مسطح في البعد العمودي بين مركز ثقله وأي نقطة أو محور « العزم الاول » لذلك الشكل حول النقطة أو المحور

بند ٧ **عزم القصور الذاتي أو العزم الثاني** للذرة حول نقطة أو محور مايساوي حاصل ضرب كتلة الذرة في مربع البعد العمودي بين القوة والنقطة أو المحور ـ وبالنسبة لجسم متماسك يكون عزم قصوره الذاتي عبارة عن مجموع عزم القصور الذاتي للذرات المكونة للجسم أي مجموع حاصل

ضرب كتلة كل ذرة في بعدها العمودي عن المحور أي $\sum \frac{و_{١}}{حـ} \times ر_{١}^{٢}$

حيث $و_{١}$ وزن الذرة
، $ر_{١}$ بعدها العمودي عن المحور

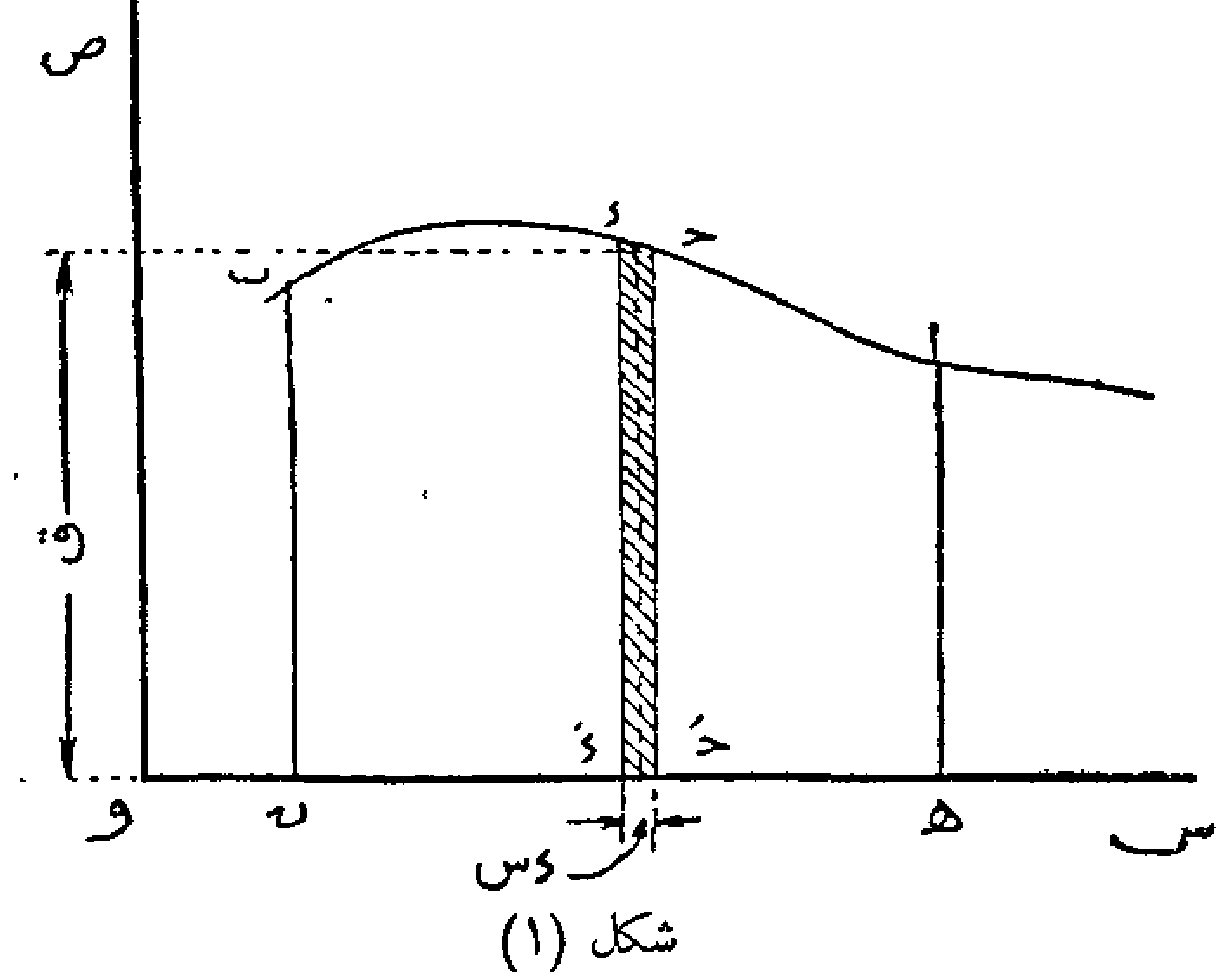
اي $ى = \frac{و}{حـ} \times ر^{٢}$ حيث و الوزن الكلي للجسم

، ر نصف قطر القصور الذاتي
وهو بعد مركز ثقل الجسم عن المحور

بند ٨ **الشغل** ـ يقال أن قوة أدت شغلا عندما يتحرك الجسم بتأثير تلك القوة ويقاس الشغل بحاصل ضرب مقدار القوة في مقدار الحركة في اتجاه القوة ووحدة الشغل عند المهندسين هى الكيلو جرام ـ متر أو الرطل ـ قدم والعلاقة بين الوحدتين هى حاصل ضرب العلاقة بين الكيلو جرام والرطل وبين المتر والقدم

أى أن الكيلو جرام — متر = ٢,٢٠٣ × ٣,٢٨١ = ٧,٢٢٩ رطل ـ قدم

بند ٩ **قياس الشغل المنصرف بالمساحات** ـ حيث أن مقدار الشغل المنصرف يساوي حاصل ضرب كميتين وهما القوة والمسافة فاذا فرض أن المنحني ا حـ ى ب (شكل ١) يبين العلاقة وبين القوة والحركة بمقياس ں للقوة (على محور الصادات) وبمقياس ك للحركة (على محور السينات) بمعنى أن القوة:



شكل (١)

يتغير مقدارها من نقطة الى أخرى اثناء حركة الجسم فمثلا عندما يكون الجسم في الوضع هـ يكون مقدار القوة مناسبا للاحداثي الرأسي هـ ا وعند الوضع ں يكون مقدار القوة مناسبا للاحداثي ب ں الخ

أعتبر حركة صغيرة للجسم من ى١ الى حـ١ أي مسافة تساوي ى س ففى أثناء هذه الحركة الصغيرة يمكن أعتبار أن القوة المسلطة على الجسم ثابتة المقدار وتساوي متوسط الاحداثيين ى ى١ ، حـ حـ١ وليكن مقدار القوة حينئذ ں

∴ الشغل المنصرف في هـذه الحركة الصغيرة = ى س =

ں × ى س = مساحة الشقة الصغيرة حـ حـ َ ى َ ى

والشغل المنصرف اثناء حركة كبيره من ر الى هـ مثلا يعبر عنه بالمعادله

$$ش = \int_{س_1}^{س_2} ن \times ء س$$

= مجموع مساحات الشقق المماثلة للشقة الصغيره ج ج َ ء َ ء
ابتداء من الاحداثي ر ب الى الاحداثي هـ ا

= المساحة المحصورة بين محور السينات والمنحني من جهة
والاحداثيين المقامين عند الوضعين المطلوب حساب الشغل
المنصرف في حركة الجسم من احدهما للآخر .

ويلاحظ أنه يجب أن تكون هذه المساحه محوله الى مقياسها الطبيعي

بند ١٠ **الشغل المنصرف في الدوران** — أذا دار جسم زاوية مقدارها Θ
زوايا نصف قطريه تحت تأثير قوة ثابتة المقدار « ن » ومماسه لحركة
الجسم في جميع أوضاعه وكانت س نصف قطر الدائرة فأن مقدار
الحركة الخطيه = س $\times$ Θ
ومقدار الشغل المنصرف = ن $\times$ س $\times$ Θ
ولكن ن $\times$ س عبارة عن عزم القوة أو عزم الدوران وليكن م
$\therefore$ الشغل المنصرف = م $\times$ Θ
فأذا كان مدى الحركة = ر لفات أي ٢ ط ر-زوايا يكون
الشغل المنصرف = م $\times$ ٢ ط ر

بند ١١ **الطاقة** — هي مقدرة جسم ما على تأدية شغل وتقاس بنفس وحدات
الشغل وللطاقة أشكال عديدة منها : —

الطاقة الوضعية — ويمتاز بها أي جسم موضوع على ارتفاع ما بالنسبة
لمستو معلوم وذلك لمقدرة ذلك الجسم على تأدية شغل أثناء سقوطه من

مستويه الى المستوى الادنى فأذا كان الارتفاع الممكن سقوط الجسم منه هـ وكان وزن الجسم و فأن الشغل الممكن للجسم تأديته أثناء سقوطه = و × هـ أو ك حـ هـ أي أن طاقته الوضعية تساوي ك حـ هـ (حيث ك كتلة الجسم)

وبالعكس أذا رفع جسم كتلته ك من مستو منخفض الى مستو أعلا بمقدار هـ فأنه يبذل شغل مقداره ك حـ هـ وهذا الشغل يكون مدخراً في الجسم لانه يمكن الانتفاع بهذا الشغل عند سقوط الجسم الى مستوية المنخفض

الطاقة التحركية ويملكها كل جسم متحرك وتنصرف هذه الطاقة من الجسم اثناء تقصيره في الحركة فأذا كان جسم كتلته ك يتحرك بسرعة ابتدائية قدرها ع وتتضاءل هذه السرعة بأنتظام حتى يسكن الجسم في زمن قدره ر

فأن التقصير ى = $\frac{ع}{ر}$

والمسافة التي يتحركها الجسم حتى يسكن = س = $\frac{١}{٢}$ ى ر^{٢} = $\frac{١}{٢}$ ع ر

وحيث أن الشغل المنصرف اثناء التقصير = القوة × المسافة

= ك × ى × س

= ك × $\frac{ع}{ر}$ × $\frac{١}{٢}$ ع ر

= $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢}

وبمعنى آخر أنه بتخفيض سرعة جسم كتلة ك من ع الى صفر يمكن أداء شغل مقداره $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢} أي أن طاقته التحركية = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢}

واذا انخفضت السرعة من ع$_{١}$ الى ع$_{٢}$ فتكون :

طاقته التحركية عند سرعة $ع_١ = \frac{١}{٢} ك ع_١^٢$

وعند سرعة $ع_٢ = \frac{١}{٢} ك ع_٢^٢$

اذن فقد أدى شغلا مقداره $\frac{١}{٢}$ ك $(ع_١^٢ — ع_٢^٢)$

الطاقة الحرارية — وهي الطاقة الكامنه في الاجسام التي درجة حرارتها أعلا مما حواليها وتقاس هذه الطاقة أما بالكالورى أو بالوحدات الحراريه الانجليزية أو بالوحدات الحرارية المئينيه وتعريف كل منها كما يأتي : —

الكالورى * هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جراماً من الماء النقي درجة مئينية واحده وتستعمل هذه الوحده في القاره الاوربية عدا الجزائر البريطانية

الوحدة الحرارية الانجليزية (B.Th.U.) هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجه واحده بمقياس فهرنهيت وقد كانت هذه الوحده الى عهد قريب هي المستعملة عند المتكلمين بالانجليزيه

الوحدة الحرارية المئينية (C.H.U.) وهي كمية الحراره اللازمة لرفع درجة حرارة رطل من الماء درجة مئينيه واحده . وهذه الوحده تحل محل الوحده الانجليزية تدريجيا

والعلاقة بين الثلاثة وحدات مبينة بالجدول الآتي:

---

* في الحقيقه يوجد هناك مايسمى كالوري كبير وكالوري صغير يذهب الاول للكيلو جرام والثاني للجرام ولكن حيث أن وحدة المهندس الشائع استعمالها هي الكيلوجرام لذلك اصبح من المصطلح عليه هو ما ذكر في التعريف السابق .

	وحده حراريه انجليزيه	وحده حرارية مثينية	كالورى
وحده حراريه انجليزية =	١	٠,٥٥٦	٠,٢٥٢
وحده حراريه مثينية =	١,٨	١	٠,٤٥٣
وحدة الـكالورى =	٣,٩٧	٢,٢	١

الطاقة الـكيمائية – وتوجد في المواد التي ترتفع درجة حرارتها عند تفاعلها مع بعضها كيمائيا مثل الـكربون والاكسيجين وكذا حامض الـكبريتيك والماء الخ

الطاقة الـكهربائية – ويمتاز بها أي جسم يكون ضغطه الـكهربائي أعلى من ضغط ما حوله من الاجسام .

بند ١٢ **قانون حفظ الطاقة** – ليس من الصعب التدليل على أنه **لا يمكن خلق أو اعدام الطاقة ولكن يمكن تحويل طاقة من نوع ما الى نوع آخر** . وهناك ارتباطات معينه بين انواع الطاقه .نذكر منها ما يأتي :

بند ١٣ **علاقة الطاقة التحركية بالطاقة الوضعية** – اذا سقط جسم كتلة ك من ارتفاع ﻫ ولم يؤد عملا ما فان سرعته تتزايد بانتظام الى أن تصل الى نهايه عظمى عندوصوله الى المستوىالادنى ولتكن هذهالسرعة ع وحيث أن الطاقه الوضعيه للجسم لم تتصرف في تأدية شغل فانها تتحول شيئاً فشيئاً الى طاقة تحركيه .

$$\text{أى أن ك حـ ﻫ} = \frac{1}{2}\text{ك ع}^2$$

$$\text{أي أن ﻫ} = \frac{\text{ع}^2}{2\text{حـ}} \quad \text{أو ع} = \sqrt{2\text{ حـ ﻫ}}$$

بند ١٤ **علاقة الطاقة الحرارية بالطاقة الكيمائية** — لا يوجد هناك قانون خاص بهذه العلاقة بل وجدت كميات الحرارة التي تتولد من بعض التفاعلات الكيائية المهمة بالتجربة فقط . والتفاعلات الكيمائية التي تهم المهندس هى تفاعل كل من الكربون والايدروجين مع الاوكسيجين فقد اتفق الباحثون على الارقام الآتية : —

(١) كمية الحرارة المتولدة من تفاعل رطل من الكربون مع الكمية اللازمة من الاوكسجين تساوي ١٤٥٤٠ وحدة حرارية انجليزية أو ٨٠٨٠ كالورى تقريباً للكيلو جرام من الكربون .

(٢) كمية الحرارة الناشئة من تفاعل رطل الايدروجين مع الكمية اللازمة من الاوكسجين تساوي ٩٤٥٨٠ وحدة حرارية انجليزية أو ٥٨١٠٠ كالورى للكيلوجرام من الايدروجين وكل ماده يحوي تركيبها الكيمائي نسبة ما من هذين العنصرين معا أو أحدهما تسمى وقودا أذ يمكن بواسطة « حرقها » — وهو الاصطلاح الدارج لتفاعلها الكيمائى السريع مع اوكسجين الهواء — الحصول على كميات كبيرة من الطاقة الحرارية والجدول الآتى يبين القدرات الحرارية لبعض انواع الوقود الصلبة والسائلة الشائعة الاستعمال في مصر :—

اسم الوقود	نسبة الكربون في المائة بالوزن	نسبة الايدروجين في المائة بالوزن	القدرة الحرارية بالكالوري للكيلو جرام	السعر التقريبي بالجنيه للطن	سعر الالف كالورى بالمليم
مخلفات زراعية جافه	٣٥_٤٥	٣_٥	٤٥٠٠	٠,٥٠٠	٠,١١
خشب جاف	٣٦_٤٧	٤_٦	٤٠٠٠	١,٠٠٠	٠,٢٥
فحم حجري	٦٧_٨٦	٣_٥	٨٠٠٠	٢,٧٠٠	٠,٣٤
مازوت	٨٤_٨٧	١٢_١٣	١٠٧٠٠	٤,١٠٠	٠,٣٨
زيت خفيف (سولر)	٨٧	١٢	١٠٨٠٠	٥,٢٠٠	٠,٤٨
كيروسين أبيض	٨٥	١٤	١١١٠٠	٦,٠٠٠	٠,٥٤
بترول السيارات	٨٠	١٥	١١٠٠٠	٢٠,٠٠٠	١,٨٢
غاز الاستصباح	—	—	كالوري للمتر المكعب ١٠٨٠	سعر المتر المكعب ٨ مليمات	٧,٤

بند ١٥ **الارتباط بين الطاقة الحراريه والشغل** – يمكن توليـد كمية من الحراره بصرف كمية من الشغل في التغلب على احتكاك جسم بآخر وقد اكتشف « جول » أن كمية محدودة من الشغل تعادل كمية محـدودة أخرى من الحراره والعكس بالعكس وقد استقر رأي الباحثين بعـد جول ان هذا الارتباط اوكما يسمى (المعادل الميكانيكي للحراره) يساوي ٤٢٧ مقدرا بالوحدات الفرنسيه و ٧٧٨ بالوحدات الانجليزيه أى أن

الكالورى الواحد من الحرارة يتولد من صرف كمية من الشغل تساوي ٤٢٧ كيلو جرام ـ مترا أو أن الوحده الحرارية الانجليزيه الواحده تتولد من صرف كمية من الشغل تساوي ٧٧٨ رطل ـ قدما

بند ١٥ **القدرة الميكانيكيه** هي كميه الشغل الممكن أداؤها في وقت محدود وقد اختار « وات » المخترع الانجليزي قدرة الحصان كوحدة قياس تقدر بها قدرات الآلات والمحركات وقد اصطلح « وات » على ان تكون قدرة الحصان هذه عبارة عن ٥٥٠ رطل ـ قدما في الثانيه أو ٧٥ كيلو جرام ـ مترا في الثانيه

بند ٧ **الطاقة والقدره الكهربائيه وعلاقتها بالطاقة والقدره الميكانيكيه**

الطاقه الكهربائيه هي حاصل ضرب الضغط الكهربائي في كمية التيار والوحدة العمليه للضغط الكهربائى هي « الفولت » وللتيار « الامبير » وللطاقة الكهربائيه « الجول » ويعرف الاخير بأنه مقدار الشغل الكهربائى المنصرف عندما يمر كمية من التيار مقدارها أمبير واحد على ضغط فولت واحد والقدره الكهربائيه هي الشغل الكهربائي في وحدة الزمن ووحدتها العمليه هى « الكيلوات » وهو عباره عن شغل مقداره ١٠٠٠ جول في كل ثانيه ـ وقد استبدل المهندسون وحدة الجول بوحدة « الكيلوات ساعة » في قياس الطاقه الكهربائيه وتعرف هذه الوحده بأنها الشغل المنصرف بقدرة كيلوات واحد لمدة ساعه . وقد تستعمل « الهكتوات ساعه » كوحدة الطاقة بدلا من الكيلوات ساعه كما هو الحال عند شركة ليبون في مصر اذ تحاسب مستهلكي الكهرباء في القاهرة على اساس مليمين ونصف لكل هكتوات ساعه . وواضح أن الكيلوات ساعه عشرة أمثال الهكتوات ساعه وكما انه يمكن تحويل الحرارة الى شغل ميكانيكى والعكس بالعكس كذلك يمكن تحويل الشغل الميكانيكى الى شغل كهربائى والعكس بالعكس والعلاقة العدديه بين وحدتي الشغل الميكانيكي والشغل الكهربائى ووحدتى القدره الميكانيكيه والقدرة الكهربائية والطاقه الحراريه مبينه بالجدول الآتى : ـ

الوحدات والعلاقة العددية بينها

القوة أو ما يناظرها	المسافة أو ما يناظرها	الشغل أو الطاقة	القدره
ا ـ ميكانيكية			
الرطل او الكيلو جرام	القدم او المتر	الرطل قدم او الكيلو جرام متر	الحصان =
١ = ٤٥٣ر	١ = ٣٠٥ر٠	١ = ١٣٨ر٠	٥٥٠ رطل قدم في الثانيه
٢ر٢ = ١	٣ر٢٦ = ١	٧ر٢٢٩ = ١	٧٥ كيلو جرام متر »
ب ـ كهربائية			
١ الفولت	الامبير	الكيلوات ساعة	الكيلوات
حـ ـ حرارية			
درجة فهرنهيت أو درجة مئينية		الكالورى أو الوحدة الانجليزية	
١ = ٥٥٦ر٠	كتلة الرطل أو الكيلو جرام	١ = ٣ر٩٧	الكالوري في الثانية
١ر٨ = ١		٠ر٢٥٢ = ١	أو الوحدة الانجليزية في الثانية

العلاقة العدديه بين الطاقات والقدرات

		ميكانيكية		كهربائية	حراريه	
		رطل قدم	كيلو جرام متر		وحده انجليزية	كالورى .
طاقه	الكيلو جرام متر	٧٫٢٢٩	١	—	—	٠٫٠٠٢٣٤
	الرطل قدم	١	٠٫١٣٨	—	٠٫٠٠١٢٩	—
	الحصان ساعه	١٫٩٨ × ١٠^٦	٠٫٢٧ × ١٠^٦	٠٫٧٤٦ كيلوات ساعه	٢٥٤٦	٦٤٣
	الكيلوات ساعه	٢٫٦٥ × ١٠^٦	٠٫٣٦ × ١٠^٦	١	٣٤١٢	٦٨١
	الكالورى	٣٠٨٦	٤٢٧	—	٣٫٩٧	١
	الوحده الانجليزية	٧٧٨	١٠٨	—	١	٠٫٢٥٢
قدره	الحصان	٥٥٠ في الثانيه	٧٥ في الثانيه	٠٫٧٤٦ كيلوات	٤٢٫٣ في الدقيقة	١٠٫٥٤ في الدقيقة
	الكيلوات	٧٣٧ في الثانيه ١٫٣٤ حصاناً	٩٤٫٥ في الثانيه	١	٥٦٫٨ «	١٤٫١٢ «

بند ١٨ **القدرة الممكن الحصول عليها من الطاقة الوضعية** : لتكن كمية من الماء مقدارها ١٠٠٠ لتر محفوظة في خزان يعلو عن سطح البحر بمقدار مائة متر فأذا سمح لهـذا المـاء بالنفاذ الى البحر في انبوبه بحيث يمر في محرك مائى فأنه يمكن الحصول على قدره ميكانيكيه من المحرك ينتفع بهـا وتقدر هذه القدره كما يأتي : ـ

الطاقة الوضعية للماء = وزن الماء × الارتفاع

= ١٠٠٠ × ١٠٠ = ١٠٠٠٠٠ كيلو جرام مترا

فبصرف النظر عن الفقد في المحرك تكون القدره المشتقة من هذه الطاقه

$$= \frac{١٠٠٠٠٠}{٧٥}$$ حصانا لمدة ثانيه واحده

أو $$\frac{١٠٠٠٠٠}{٢٧٠٠٠٠} = ٠,٣٧$$ حصانا لمدة ساعة واحدة

أى أنه اذا نفـذت هـذه الكمية في ظرف سـاعه فأن قـدرة المحرك تساوي ٣٧ ر٠ حصانا

بند ١٩ **الطاقة التحركية لجسم يدور حول مركزه** ـ لتـكن « و » وزن الجسم بالكيلو جرام ، ω سرعة الدوران مقـدرة بالزوايا نصـف القطرية في الثانيه

، ر نصف قطر القصور الذاتى للجسم بالمتر

فالطاقة التحركية لهذا الجسم اثناء دورانه لمدة ثانيه واحده أى القدرة يعبر عنها بالمعادله : ـ

$$\frac{و \times \omega^{٢} \times ر^{٢}}{٢ \; حـ} = \frac{١}{٢} ى \times \omega^{٢}$$ كيلو جرام مترا في الثانيه

حيث ى = عزم القصور الذاتي للجسم مقدرا بالكيلو جرام والمتر

، حـ = جاذبية الارض بالمتر فى الثانيه في الثانيه

تمرينات

(١) قوة مقدارها ٢٠٠ كيلو جرام تستعمل في جر كتلة من الحجر افقيا مسافة ستة امتار بواسطة حبل مائل على الافقي بزاوية ٤٥° فما مقدار الشغل المنصرف ؟

(٢) أذا كانت القوه اللازمة لشد زمبلك هي رطل واحد لكل عشر بوصه . أوجد الشغل المنصرف عند شد الزمبلك بوصه ونصف

(٣) أوجد القدرة اللازمة لأدارة طلمبه ترفع ٥٠٠٠ لتر من الماء لارتفاع ٣٠ مترا في خمس دقائق مع اهمال الفقد .

(٤) مامقدار الماء الممكن رفعه في الساعة من عمق ٥٠٠ مترا بواسطة طلمبه تدار بمحرك قدرته ١٦٠ حصاناً مع أهمال الفقد ؟

(٥) ونش يدار بمحرك كهربائي يمكنه رفع ٥ أطنان بسرعة ٩٠ قدما في الدقيقة فما هى قدرة المحرك الكهربائي بالحصان أذا كانت جودة آلة الرفع ٧٠٪ ؟ ما مقدار التيار المنصرف في المحرك بالأمبير أذا كانت جودة المحرك ٨٧٪ وضغط التيار ٢٢٠ فولت ؟

(٦) ماذا يكون ثمن الحصان ساعه من الطاقة المستمدة من المصادر الآتية : ـ

المصدر	القدرة الحرارية	السعر	الجودة الكلية للمحرك
فحم حجري	٧٥٠٠ كالوري للكيلو جرام	٢٤٠ قرشا للطن	١٤٪
كيروسين ابيض	١١٠٠٠ « « «	٦٠٠ « «	٢٥٪
مازوت	١٠٠٠٠ « « «	٤١٠ « «	٣٢٪
غاز استصباح	١٠٠٠ « للمتر المكعب	٨ ماليمات للمتر المكعب	٢٢٪
كهرباء	–	٢٠ مليما للكيلوات ساعة	٨٥٪

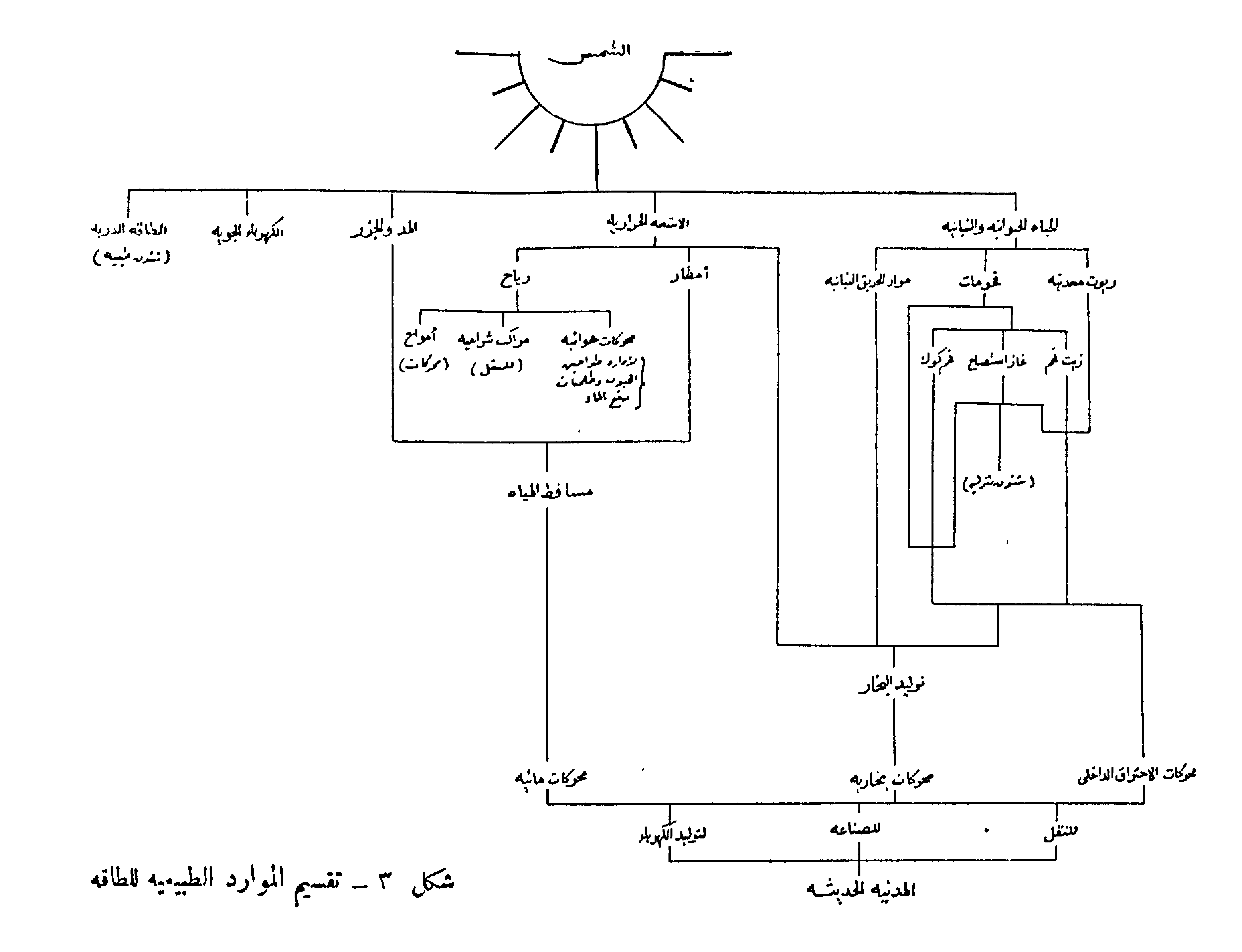
الفصل الثاني

الموارد الطبيعية للطاقة

٢٠ ـ ليس من شك في أن الشمس هى مصدر كل حياة سواء كانت بشرية أو حيوانية أو نباتية وليس هنا محل البحث عن ضرورة الضوء والحرارة للحياة ولكن ربما يفوت القاريء أن الشمس هى عماد المدنية الحديثة فقد سمى هذا العصر بالعصر الميكانيكى لأن مدنيته تتوقف على الكماليات التى تنتجها الآلات وعلى ما ينعم به البشر من رغد العيش بأستعمال الآلات في جميع الشؤون وحيث أن هذه الآلات تحتاج الى صنف من صنوف الطاقة الطبيعية لادارتها وأن الشمس هى المصدر الاولى لصنوف الطاقة الطبيعية أذن تكون الشمس هى أساس المدنية وما للمخترع من فضل ينحصر في أستنباط طرق استعمال وتسخير هذه الطاقة الطبيعية في احتياجات البشر المنوعة . والتقسيم الآتي يبين للقاريء بطريقة سهلة صنوف الطاقة الطبيعية وطرق أستعمالها : ـ (انظر صفحة ١٩)

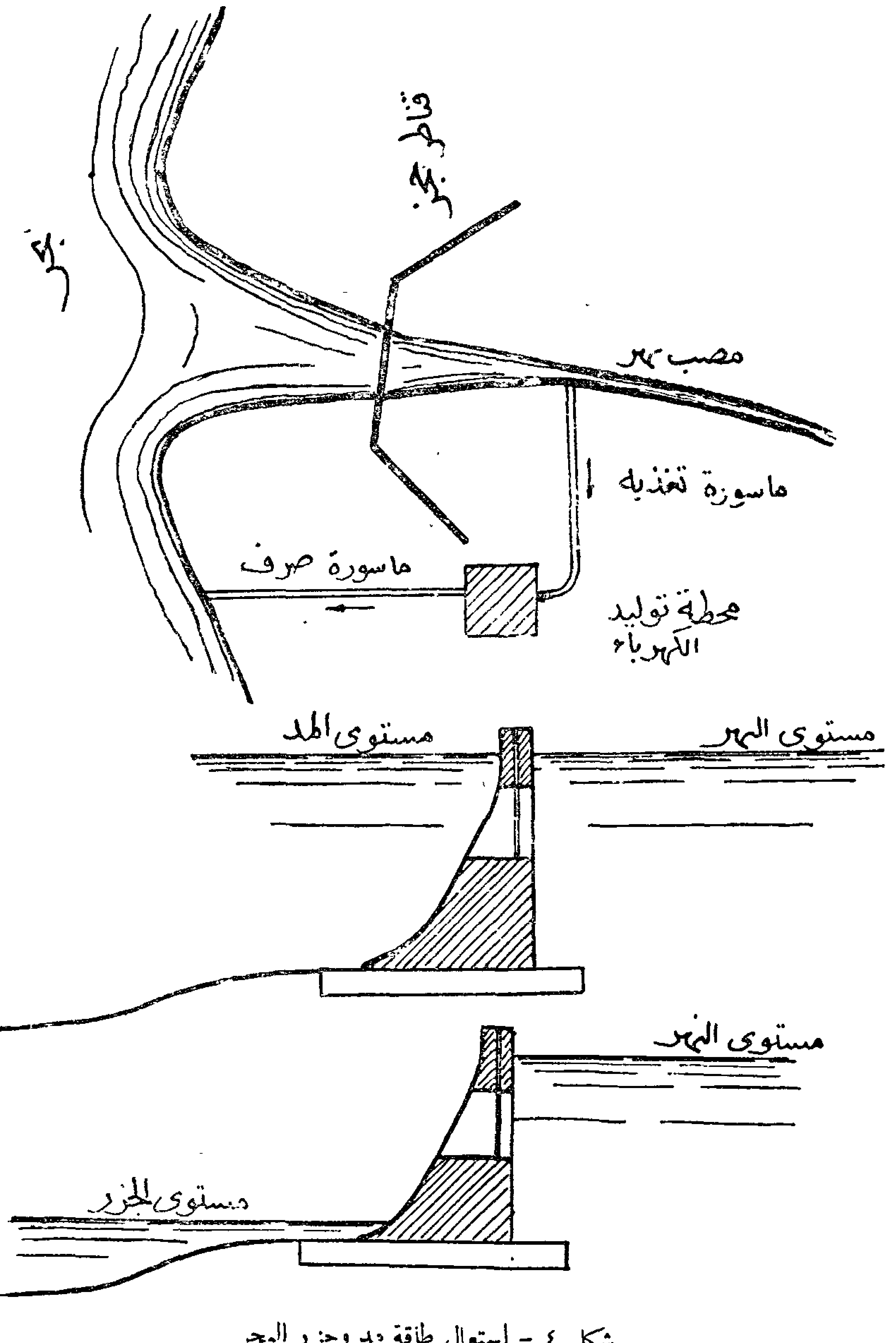
٢١ـ **الطاقة الذرية**ـ وهى خاصية في بعض العناصر النادرة مثل الراديوم وقد قرر الباحثون أن هذه المواد أكتسبت هذه الخاصية من اللطع الشمسية التي هى مراكز ينبعث منها زوابع ذرية وتقدر الطاقة الذرية للراديوم بما يعادل الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كمية من الماء مساوية لوزن الراديوم الذى تنبعث منه الطاقة الذرية من الصفر الى ١٠٠ درجة مئينية وبالنسبة لندارة مثل هذه العناصر وغلو ثمنها لا يمكن أعتبارها موارد عملية للطاقة

٢٢ ـ **الكهرباء الجوية** ـ كامنه في السحب وتشاهد عند حدوث الرعد والبرق بين السحب و بعضها و بينها و بين الارض في أحوال جويه معينة . وقد قدر الباحثون أنه أثناء حدوث زوبعة جوية من هذا القبيل يستهلك من الكهرباء الجوية ما يعادل مليون حصان من الطاقة الميكانيكية . ولو أن هذه تمثل كمية هائلة



شكل ٣ — تقسيم الموارد الطبيعيه للطاقه

من الطاقة الا أنه لا يمكن الانتفاع بها لتوزيعها على مساحات هائلة في الفضاء ولعدم أنتظامها ولصعوبة أستنباط الاجهزة التي تمكن من أستعمالها .

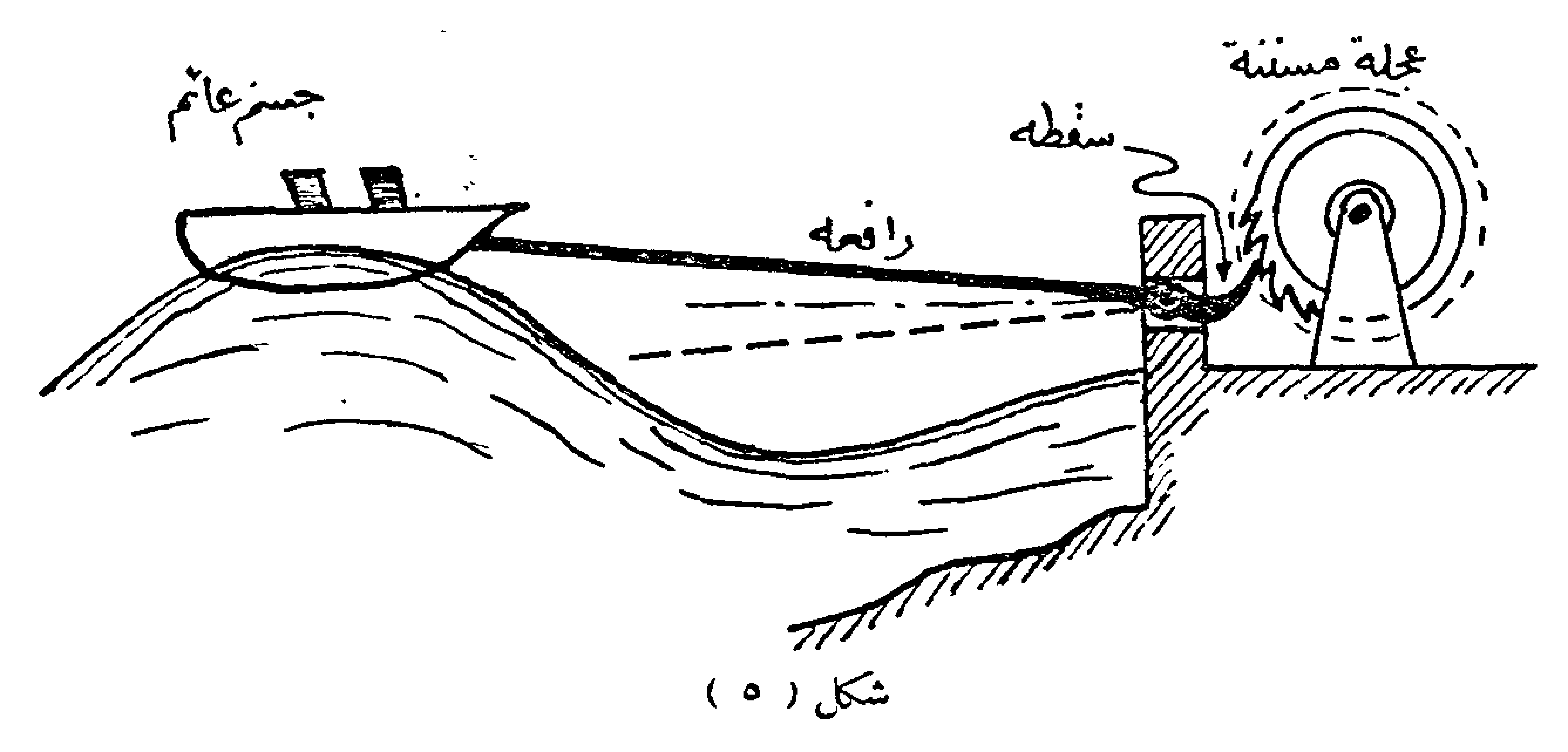


شكل ٤ – استعمال طاقة مد وجزر البحر

٢٣ — **المد والجزر** — يحدث المد والجزر في البحار والمحيطات بانتظام وعلى قواعد ثابتة ويمكن الانتفاع بها على الوجه الآتي :—

تنشأ قناطر حجز عند مصب النهر فعند حدوث المد تفتح عيون القناطر حتى يصل مستوى البحر الى نهايته العظمى .

وعند ابتداء الجزر تقفل العيون حتى يهبط مستوى البحر قليلا وبذلك يصير المستوى المائي خلف القناطر أعلا منه أمامها . فبتصريف مخزون الماء خلف القناطر تدريجيا الى البحر مارا بمحركات مائية (طوربينات مائية) يمكن الانتفاع بقوة انحدار الماء في توليد الكهرباء وقد انشئت فعلا محطة لتوليد الكهرباء عند مصب نهر الشانون في ارلندا ويدور البحث الآن على أنشاء محطة أخرى على نهر السفرن في انجلترا يستخدم فيهما مد وجزر البحر على الوجه المذكور

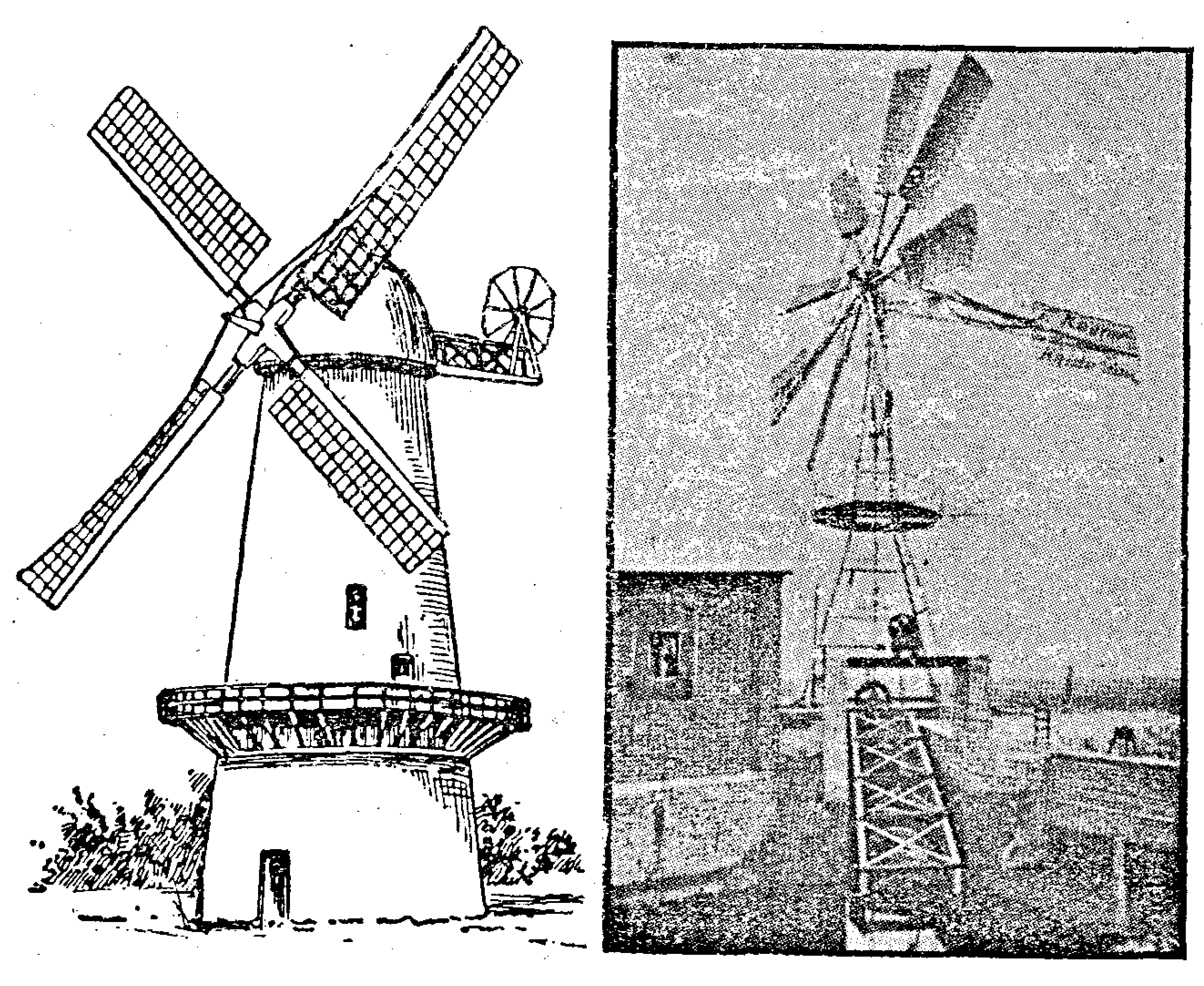


شكل (٥)

٢٤ — **الامواج البحرية** — شكل ٥ يبين طريقة تصورية للانتفاع بصعود وهبوط سطح الماء الناشيء من الامواج البحرية . فاذا ثبت احد طرفي رافعه في جسم عائم يبعد قليلا عن الشاطيء وكان الطرف الآخر من الرافعة متصلا بسقطة معشقة في عجلة مسننة لنشأ من صعود وهبوط الجسم العائم اذا صادفته أمواج حركة دائرية مستمرة للعجلة المسننة ويمكن حينئذ الانتفاع بهذه الحركة الدائرية — يتضح من ذلك أنه يمكن نظريا أستخدام

الامواج البحرية كمورد للطاقة ولكن الاعتبارات العملية والاقتصادية تحول دون ذلك

٢٥ – **الرياح** – مورد للطاقة أستعمل منذ القدم في تسيير المراكب في الأنهر والبحار ولا يزال استعماله منتشرا في انحاء المعمورة . وتستعمل الرياح في أدارة مراوح ضخمة مثبتة في قمم أبراج مبنية بالطوب أو الدبش أو ابراج مأطورة من الحديد وتتصل محاور هذه المراوح بواسطة تعاشيق مسننة بطلمبات لرفع الماء أو طواحين لطحن الحبوب . وهذه المحركات الهوائية منتشرة على سواحل هولنده وبلجيكا حيث تهب رياح شديدة من الشمال الى الجنوب في غالب

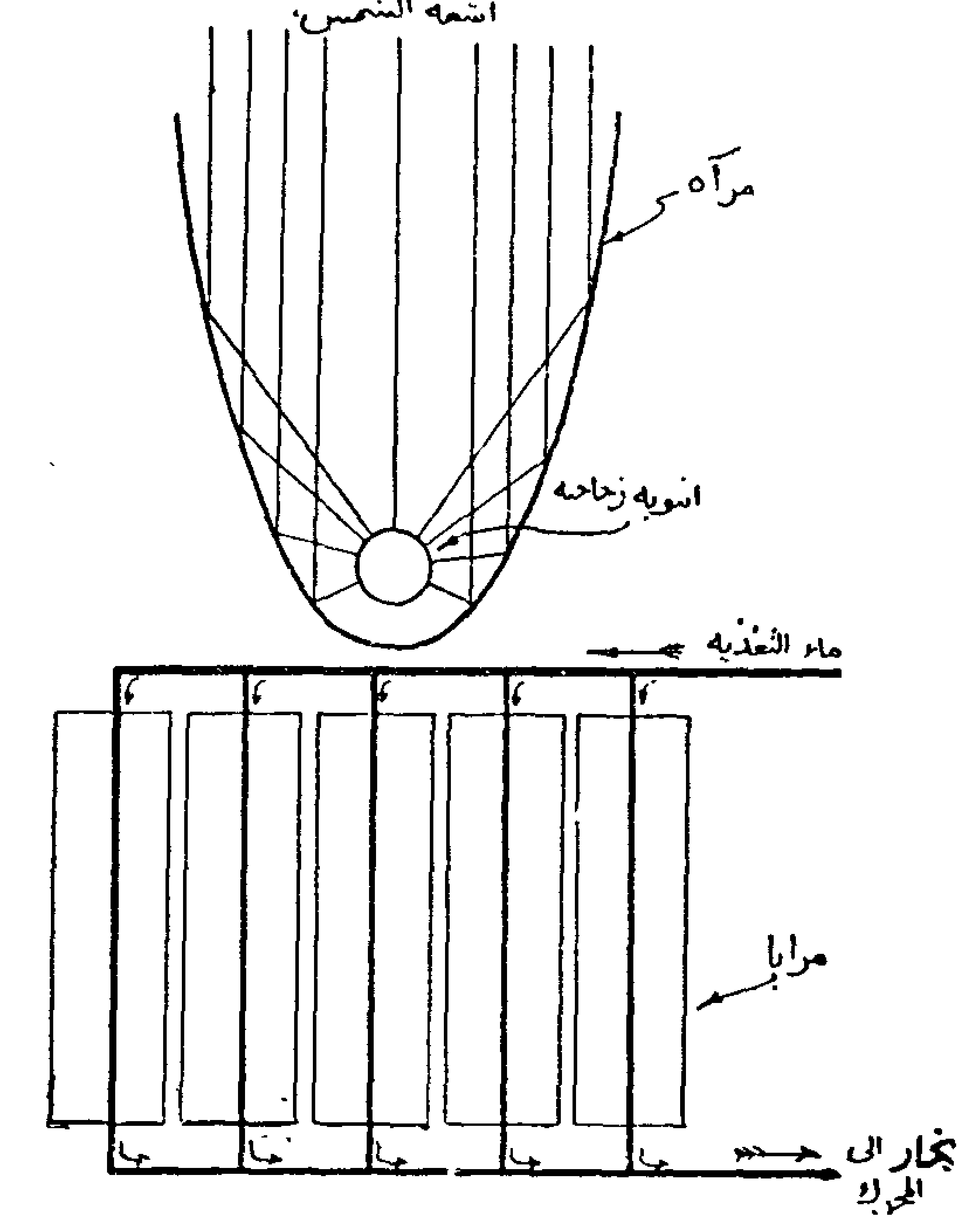


شكل (٦)　　　شكل (٧)

ايام السنة . وليس في الامكان تسخير طاقة الرياح الا في محركات صغيرة أو في تسيير المراكب الشراعية الخفيفة لذلك لم يعرها المهندسون التفات يذكر – غير أنه لاتزال المراوح الهوائية تصنع في المانيا على احدث النظريات العلمية فشكل ٦

يبين طاحونة هوائية يرجع عهدها الى القرن الرابع عشر وشكل (٧) يبين مروحة هوائية حديثة صنعت في المانيا وتدير حازون مائى (طنبور) لرفع المياه وقدرة هذه المروحة ٤ أحصنة عند ما تهب الرياح بسرعة ٨ أميال في الساعة (ريح معتدلة) وعند سرعة ٢٥ ميلا في الساعة تكون القدرة الناتجة ١١٠ أحصنة وعند ٤٥ ميلا في الساعة ٥٠٠ حصانا ولكن سرعة الرياح في اغلب ايام السنة لا تزيد عن ثمانية اميال في الساعة

٢٦ — استخدام حرارة الشمس لتوليد البخار — الطاقة الحرارية التي تصل الكرة الارضية من الشمس في شكل اشعة حرارية هائلة المقدار ولكنها موزعة على مساحات هائلة ايضاً وتقدر كمية الطاقة التى تخص الفدان الواحد من اشعة الشمس في يوم من ايام الصيف بما يربو على ٥٠٠٠ حصان ساعة ولكنه من الواضح انه لا يمكن جمع اشعة الشمس الواقعة على هذه الساحة وتسليطها على كمية من الماء لتبخيره بدون تكبد مصاريف هائلة . ومع ذلك فقد عملت تجارب عديدة في بلاد المكسيك وفي مصر (بالقرب من ضاحية المعادي)



شكل (٨) استعمال اشعة الشمس لتوليد البخار

لم تكلل واحدة منها بالنجاح — ففي التجارب التي عملت في المعادي كانت تجمع اشعة الشمس بواسطة مرايات على شكل احواض مستطيلة قطاع كل منها على شكل

قطع مكافيء . وتوضع انابيب زجاجية بطول الاحواض عند بؤرة كل منها فتنعكس اشعة الشمس من السطوح الداخلية للمرايا وتتركز على الانبوبة وبذلك تشتد الحرارة على الانبوبة وتنفذ الى الماء فيتبخر — ويستعمل البخار الناتج لادارة محركات بخارية وقد بلغت قدرة هذه المحركات ٦٠ حصانا وكانت المساحة المشغولة بالمرايات تبلغ فدانا من الارض وبلغت تكاليف التجارب ما يقرب من ٢٠٠٠٠ جنيها .

٢٧ — **مساقط المياه** — تتجمع مياه الامطار في هضبات عالية في البقاع الجبلية في العالم ثم تنحدر بسرعة عظيمة الى الوديان فتكون انهارا تجري بسرع بطيئة نوعا حتي تنساب الى البحر . وقد استعملت الطاقة المدخرة في المياه المتدفقة من اعالى الجبال وفي الشلالات في ادارة طوربينات او محركات مائية . والبلاد الغنية بمساقط المياه هى الولايات المتحدة الامريكة وكندا حيث تستنبط قدرة تبلغ ٢٥٠٠٠٠ حصاناً من شلالات نياجرا ويلي تلك البلاد سويسرا حيث كل قرية سويسرية تضاء بالكهرباء وتسير القطارات على اغلب خطوطها الحديدية بالكهرباء وكلها مولدة من مساقط المياه ثم فرنسا الجنوبية الشرقية في جهات الألب ثم السويد والنرويج حيث تصنع الاسمدة الازوتية بالكهرباء المولدة من مساقط المياه . ولا توجد مساقط طبيعية للمياه فى مصر غير ان المهندسين المصريين يفكرون في استخدام قوة اندفاع المياه من فتحات خزان اسوان وقت التحاريق في توليد الكهرباء — وأقترح حسين سري بك أخيرا أنشاء نفق يصل البحر الابيض المتوسط بمنخفض القطاره الواقع في الصحراء الغربية وأستعمال قوة تدفق ماء البحر الى المنخفض في توليد الكهرباء — وتبلغ القدرة المستنبطة على هذا الوجه — بحسب تقدير سري بك ٢٠٠٠٠٠ كيلوات تستعمل اقل من نصفها في كهربة خطوط السكك الحديدية بالدلتا وأضاءة المراكز وعواصم المديريات والقرى الكبيرة بالكهرباء — ورفع المياه اللازمة للري وللشرب — وصرف الأراضى ويستعمل الباقى في أحياء الصناعات المصرية وصناعة الأسمدة الازوتية الخ . ولا يزال المشروع تحت الدرس والتمحيص .

٢٨ ـ ***الطاقة الذرية للمادة*** ـ يتضح مما سبق أنه فيما عدا المساقط الطبيعية للمياه ليس أمام العالم الآن مورد للطاقة سوى الوقود بأنواعه وحيث أنه لا بد من نفاذ هذا الوقود عاجلا او آجلا لذلك نجد العلماء والمخترعون في أنحاء العالم المتمدن جادين البحث عن مورد جديد للطاقة لا يسهل نفاذه وقد أسفرت بعض الابحاث الطبيعية عن الأمل في الانتفاع بالطاقة الذرية المادة . ولكي يفهم القاريء معنى الطاقة الذرية المادة نذكر أنه ثبت الآن أن ذرة المادة وكانت منذ عشرين سنة تعتبر أصغر جزء للمادة أي لا يمكن تجزئتها ـ مكونة من كهربات في حركة مستمره حول نواة ثابتة كما تدور الكواكب حول الشمس في عالمنا هذا . وقد وجد أيضاً أنه من اصعب الأمور فصل النواة من الذرة ولكن قد تمكن بعضهم من ذلك فعلا بعد جهد جهيد وأثبت أن بهذا الفصل تنتج كمية معينة من الطاقة سميت الطاقة الذرية .

وليس من المستبعد أن يسهل على علماء الاجيال القادمة ما صعب على علماء العصر الحاضر ويتمكنون من استخلاص الطاقة الذرية التي تكفى احتياجات العالم من قليل من المادة .

الفصل الثالث

توليد البخار – المراجل

٢٩ – **كمية الحرارة اللازمة لتبخير الماء** : أذا سلط منبع حرارة على كمية من الماء فالمشاهد أولا – ان ترتفع درجة حرارة الماء الى ان تصل لدرجة التبخر وهذه الدرجة تتوقف على الضغط فوق سطح الماء فأذا كان الضغط جويا تكون درجة التبخر ١٠٠ مئينية ولكل ضغط درجة معينة يتبخر عندها الماء ولا يوجد قانونا مضبوطا يحدد الملاقة بين الضغط ودرجة الحرارة ولكن هناك جداول عملية سيأتي الكلام على كيفية استعمالها فيما بعد .

لتكن $ت_١$ – درجة حرارة الماء الطبيعية

، $ت_٢$ – « الحرارة التي تبخر عندها الماء بمقياس مئيني

، و – وزن الماء بالكيلو جرام

، س – الحرارة النوعية للماء وتساوي ١,٠٠ تقريباً أذا كان الماء نقيا

∴ كمية الحرارة التي يمتصها الماء في ارتفاع درجة حرارته من $ت_١$ الى $ت_٢$ يعبر عنها بالمعادلة $ع_١ = و \times س \times (ت_٢ - ت_١)$

$= و (ت_٢ - ت_١)$ كالوري

وتسمى هذه الحرارة **بالحرارة المحسوسة**

وأذا استمر تسليط الحرارة على الماء بعد ذلك فأن درجه الحرارة $ت_٢$ تظل ثابته ولكن طبيعة الماء تتغير أذ يتحول من سائل الى غاز يسمي بخارا ويستمر هذا التغيير الى أن يتحول الماء بأجمعه الى بخار وتسمى الحرارة التي يمتصها الماء على هذا الوجه بالحرارة الكامنه ويرمز لها بالحرف ل ويعبر عنها بالمعادلة العملية الآتية لكل كيلو جرام من الماء

$ل = ٥ر٦٠٦ - ٦٩٥ر٠ \ ت_٢$ حيث $ت_٢$ درجة حرارة التبخر فتكون بذلك جملة الحرارة التي أمتصها الماء ليتحول الى بخار معبرا عنها بالمعادلة

$$ع = ع_١ + و ل \{ (ت_٢ - ت_١) + (٥ر٦٠٦ - ٦٩٥ر٠ \ ت_٢) \}$$

ويقال للبخار المتكون على هـذا الوجه *بخار مشبع* فأذا لم يكن به أثر للماء الذي تـكون منه يسمى بخارا مشبعا *جافا* اما اذا احتوى على نسبة صغيره من رذاذ الماء فأنه يسمى بخارا مشبعا *رطبا* وتعين درجـة رطوبة البخار من *نسبة جفافه* فعندما يقال مثلا أن نسبة جفاف البخار ٩٥ر٠ تكون كمية الماء السائل الذي تحتويه كل وحدة من البخار المذكور ٠٥ر٠ من الوحده وتـكون الحرارة الكلية لكل كيلو جرام من هذا البخار هى :

$$ع = ١ \ (ت_٢ - ت_١) + ٩٥ر٠ (٥ر٦٠٦ - ٦٩٥ر٠ \ ت_٢) \text{ كالوري}$$

ويظهر بالجدول المبين بصفحتي ٢٩ ، ٣٠ الارتباط بين الضغط ودرجه حرارة التبخر والحرارة الـكامنه والحرارة الكلية بالكالوري لكل كيلو جرام من البخار المشبع الجاف المكون من ماء درجة حرارته صفرا

٣٠ ــ *البخار المحمصي* ــ أذا استمر تسليط الحرارة بعد تحويل كمية الماء بأجمعها الى بخار فأن درجة حرارة البخار تزداد عن درجة التبخر المذكورة في الجدول ويقال للبخار حينئذ محمصا وكمية الحرارة التي يمتصها البخار في التحميص هى

$$ع_٢ = و \times س_١ (ت_٣ - ت_٢) \quad \text{كالوري}$$

حيث $س_١$ هى الحرارة النوعية للبخار وتساوي ٤٨ر٠ تقريباً

، $ت_٣$ درجة حرارة التحميص بالسنتيجراد

وبذلك تصبح الحرارة الكليه للكيلوجرام من البخار المحمص معبرا عنها بالمعادلة

ع = ($ت_٢$ ـ $ت_١$) + (٦٠٦ر٥ ـ ٠ر٦٩٥ $ت_٢$) +

٠ر٤٨ ($ت_٣$ ـ $ت_٢$) كالوري

= الحرارة المحسوسة + الحرارة الكامنة + حرارة التحميص

مثال : أستعمل جدول خواص البخار في أيجاد الحرارة الكلية للكيلو جرام من البخار في الأحوال الآتية مع العلم بأن درجة حرارة الماء الاصلية هى ٢٤ مئينية :

أ ـ بخارا مشبعا جافا على ضغط مطلق ٧ر٥ كيلو جراما على السنتيمتر المربع

ب ـ بخارا مشبعا رطبا على ضغط مطلق ٤ر٠ كج على السنتيمتر المربع ودرجة جفافه ٠ر٩١

حـ ـ بخارا محمصا الى ٢٥٠° مئينية وضغطه المطلق ١٣ر٠ كج على السنتيمتر المربع

الحل : أ ـ يتضح من جدول خواص البخار المشبع أن الحرارة الكلية للبخار المذكور هى ٦٦٢ر٨ كالوري بأعتباره ناتجاً من ماء على درجة الصفر

∴ الحرارة الكلية للكيلو جرام من البخار المتكون من ماء على درجة حرارة ٢٤° سنتجراد

= ٦٦٢ر٨ ـ ٢٤ = ٦٣٨ر٨ كالوري

ب ـ ع = ١٤٤ر٢ + ٠ر٩١ × ٥١١ر٢ ـ ٢٤

= ٥٨٦ر٢ كالوري

حـ ـ ع = ٦٦٩ر٠ + ٠ر٤٨ (٢٥٠ ـ ١٩٠ر٦) ـ ٢٤

= ٦٧٣ر٥ كالوري

جدول خواص البخار المشبع

الضغط المطلق بالكيلو جرام على السنتيمتر المربع	درجة حرارة النبخر درجة مئينيه	الحراره المحسوسه كالوري	الحرارة الكامنه كالوري	الحراره الكلية كالوري
٠,٠٢	١٧,٣	١٧,٣	٥٨٥,٥	٦٠٢,٨
٠,٠٤	٢٨,٨	٢٨,٨	٥٧٩,٤	٦٠٨,٢
٠,٠٦	٣٦,٠	٣٦,٠	٥٧٥,٦	٦١١,٦
٠,٠٨	٤١,٣	٤١,٤	٥٧٢,٧	٦١٤,١
٠,١٠	٤٥,٦	٤٥,٧	٥٧٠,٤	٦١٦,١
٠,٢٠	٥٩,٨	٥٩,٩	٥٦٢,٦	٦٢٢,٥
٠,٣٠	٦٨,٧	٦٨,٩	٥٥٧,٥	٦٢٦,٤
٠,٤٠	٧٥,٥	٧٥,٧	٥٥٣,٧	٦٢٩,٤
٠,٥٠	٨٠,٩	٨١,٢	٥٥٠,٥	٦٣١,٧
٠,٦٠	٨٥,٥	٨٥,٨	٥٤٧,٨	٦٣٣,٧
٠,٧٠	٨٩,٥	٨٩,٩	٥٤٥,٥	٦٣٥,٤
٠,٨٠	٩٣,٠	٩٣,٥	٥٤٣,٣	٦٣٦,٨
٠,٩٠	٩٦,٢	٩٦,٧	٥٤١,٤	٦٣٨,١
١,٠٠	٩٩,١	٩٩,٦	٥٣٩,٧	٦٣٩,٣
١,٥	١١٠,٨	١١١,٣	٥٣٢,٤	٦٤٣,٧
٢,٠	١١٩,٩	١٢٠,٤	٥٢٦,٨	٦٤٧,٢
٢,٥	١٢٦,٧	١٢٧,٧	٥٢٢,٢	٦٤٩,٩
٣,٠	١٣٢,٨	١٣٣,٩	٥١٨,١	٦٥٢,٠
٣,٥	١٣٨,١	١٣٩,٤	٥١٤,٥	٦٥٣,٩

تابع جدول خواص البخار المشبع

الضغط المطلق بالكيلو جرام على السنتيمتر المربع	درجة حرارة التبخر درجة مئينية	الحرارة المحسوسه كالوري	الحرارة الكامنه كالوري	الحراره الكليه كالوري
٤,٠	١٤٢,٨	١٤٤,٢	٥١١,٢	٦٥٥,٤
٤,٥	١٤٧,١	١٤٨,٦	٥٠٨,٢	٦٥٦,٨
٥,٠	١٥١,٠	١٥٢,٦	٥٠٥,٥	٦٥٨,١
٥,٥	١٥٤,٦	١٥٦,٣	٥٠٢,٩	٦٥٩,٢
٦,٠	١٥٧,٩	١٥٩,٨	٥٠٠,٤	٦٦٠,٢
٦,٥	١٦١,١	١٦٣,٠	٤٩٨,١	٦٦١,١
٧,٠	١٦٤,٠	١٦٦,١	٤٩٥,٩	٦٦٢,٠
٧,٥	١٦٦,٨	١٦٨,٩	٤٩٣,٩	٦٦٢,٨
٨,٠	١٦٩,٥	١٧١,٧	٤٩١,٨	٦٦٣,٥
٩,٠	١٧٤,٤	١٧٦,٨	٤٨٨,١	٦٦٤,٩
١٠,٠	١٧٨,٩	١٨١,٥	٤٨٤,٦	٦٦٦,١
١١,٠	١٨٣,١	١٨٥,٨	٤٨١,٣	٦٦٧,١
١٢,٠	١٨٦,٩	١٨٩,٩	٤٧٨,٢	٦٦٨,١
١٣,٠	١٩٠,٦	١٩٣,٧	٤٧٥,٣	٦٦٩,٠
١٤,٠	١٩٤,٠	١٩٧,٢	٤٧٢,٥	٦٦٩,٧
١٥,٠	١٩٧,٢	٢٠٠,٧	٤٦٩,٨	٦٧٠,٥
١٦,٠	٢٠٠,٣	٢ ٣,٩	٤٦٧,٣	٦٧١,٢
١٨,٠	٢٠٦,١	٢١٠,٠	٤٦٢,٤	٦٧٢,٤
٢٠,٠	٢١١,٣	٢١٥,٥	٤٥٧,٨	٦٧٣,٣

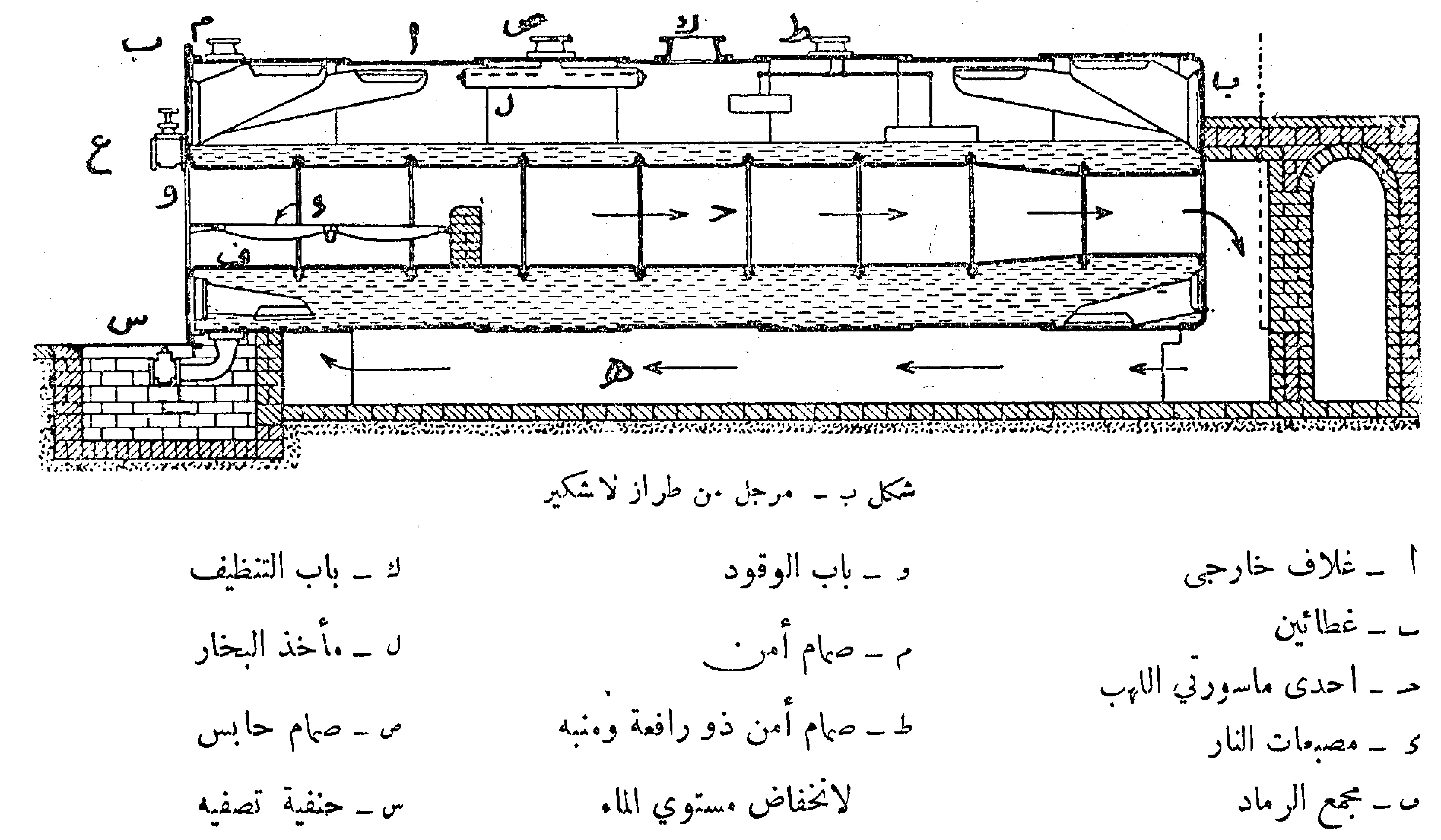
٣١ — *مراجل توليد البخار* — تنقسم المراجل الى قسمين رئيسيين:

١ — المراجل ذات مواسير اللهب وهي التى تكون فيها دورة غازات الاحتراق داخل مواسير كبيرة أو صغيرة يحيط بها الماء مثل مرجل كورنش ولانكشير ومرجل القاطره الخ .

٢ — المراجل ذات مواسير الماء وهى التي تكون فيها دورة الماء داخل انابيب ضيقة بينما تتخلل غازات الاحتراق بين هذه الانابيب مثل مرجل بابكوك وويلكوكس ومرجل ستيرلنج ومرجل ثورنيكروفت البحري الخ .

٣٢ — *مرجل لانكشير* — كان أول استعمال لهذا المرجل في مقاطعة لانكشير في انجلترا ولذا سمي بهذا الاسم ويتكون من غلاف اسطوانى خارجي (أ) من الصلب الطري يبلغ قطره ثمانية أقدام وطوله ثلاثون قدما وتقفل نهايتي الغلاف أما بقرصين مسطحين من الصاج أو بغطائين محدبين (ب) (شكل ٩) ويمتد داخل الغلاف ومن طرف الى آخر ماسورتى اللهب (حـ حـ) وتثبت مصبعات النار (ى) في الربع الامامي لكل من ماسورتي اللهب . ويوضع المرجل على قاعدة مبنية بالطوب ومبطنة بطوب الحرارة (شكل ٩، ١٠) تسمح بمرور غازات الاحتراق على الوجه الآتي:

تسير الغازات داخل الماسورتين حـ حـ من الامام الى الخلف ثم تتجمع في الخلف وتعود الى قرب المقدمة في المجرى هـ تحت غلاف المرجل ثم تنقسم الى تيارين يسير كل منهما في مجرى ر على جانبي الغلاف حتى نهاية المرجل حيث يجتمعا في الانصراف الى المدخنة .

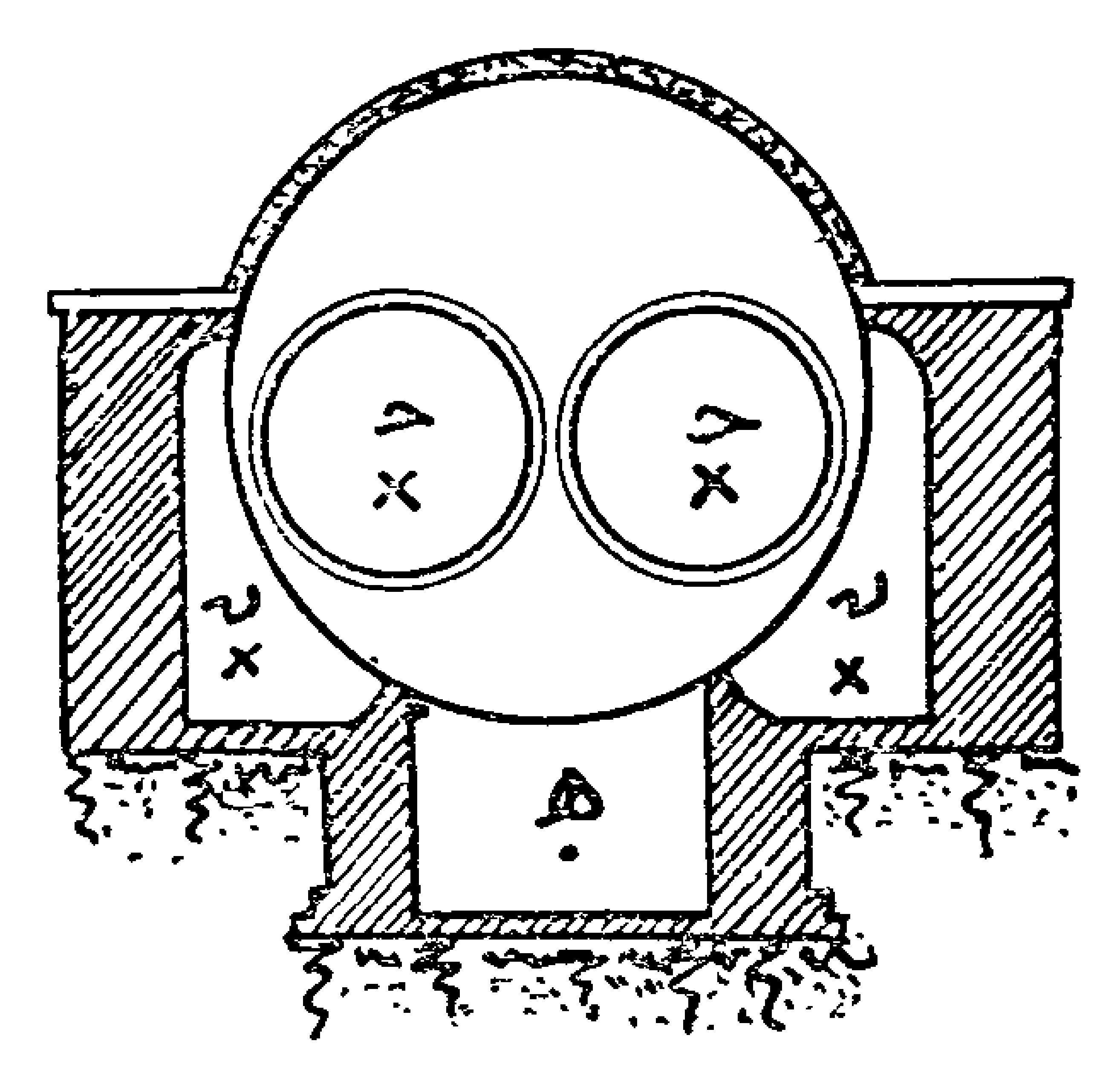


شكل ب ـ مرجل من طراز لانكشير

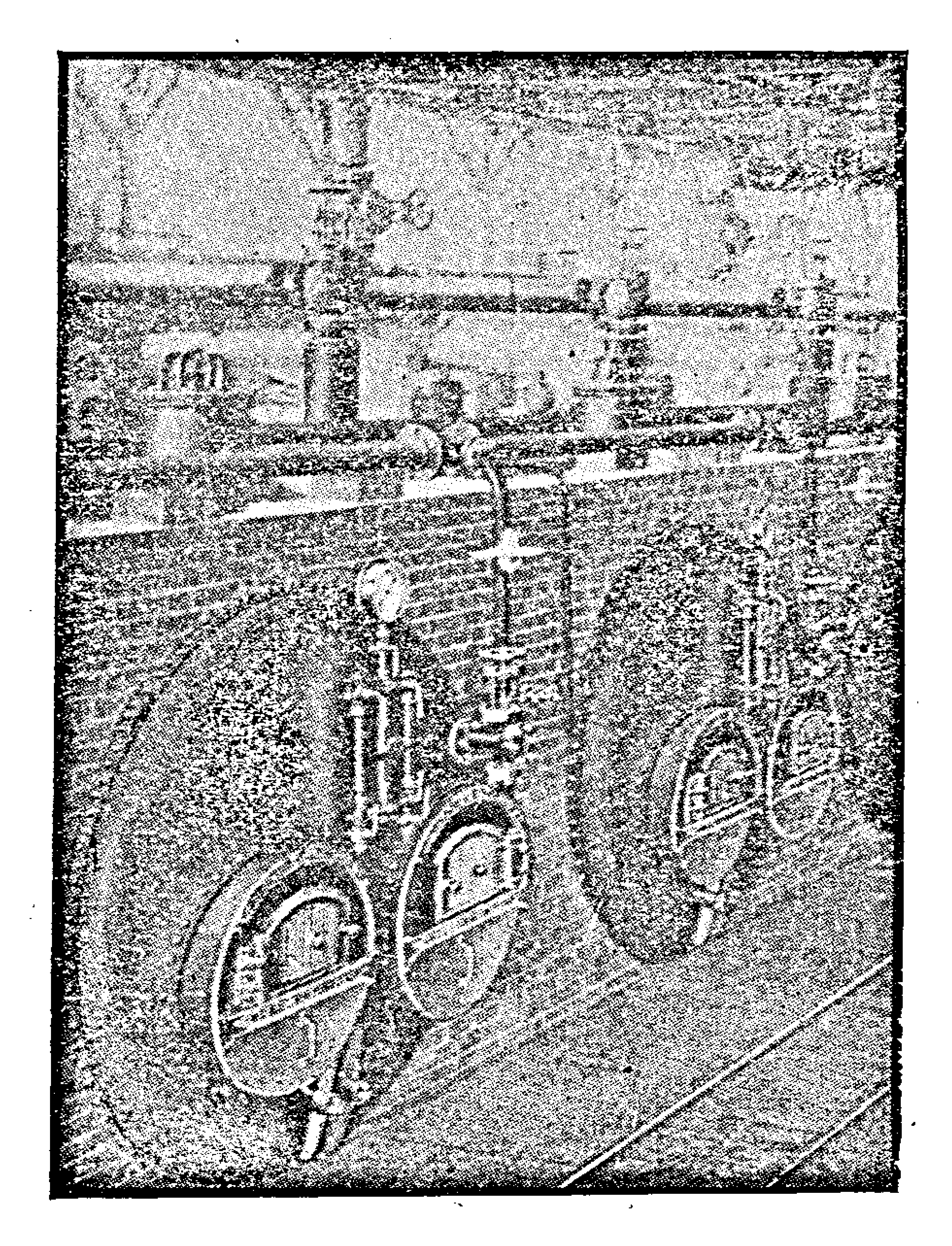
أ ـ غلاف خارجي
ب ـ غطائين
حـ ـ احدى ماسورتي اللهب
د ـ مصبعات النار
ن ـ مجمع الرماد

و ـ باب الوقود
م ـ صمام أمن
ط ـ صمام أمن ذو رافعة ومنبه لانخفاض مستوي الماء

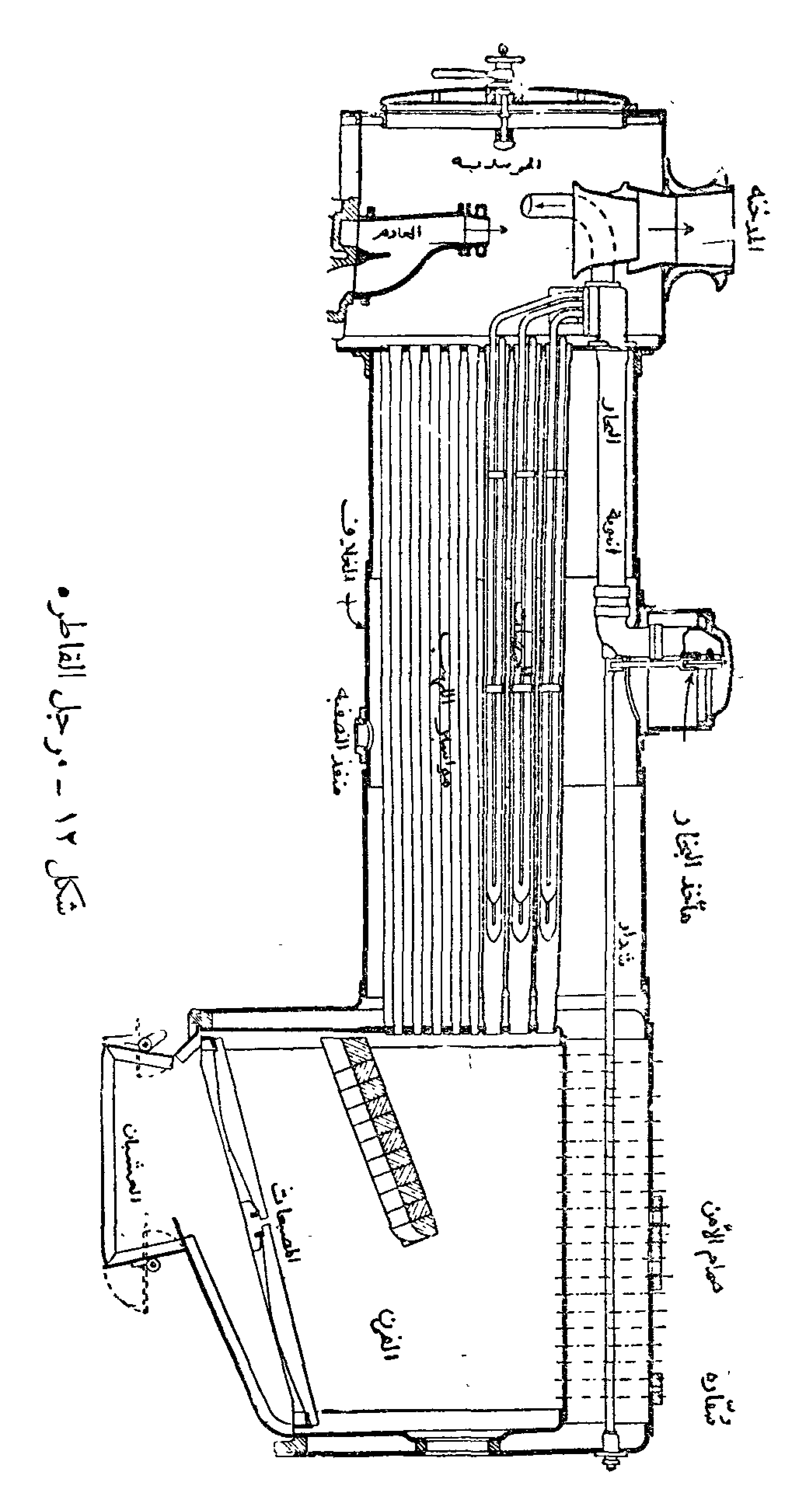
ك ـ باب التنظيف
ل ـ مأخذ البخار
ص ـ صمام حابس
س ـ حنفية تصفيه



شكل ١٠ ـ قطاع عرضي عند منتصف المرجل



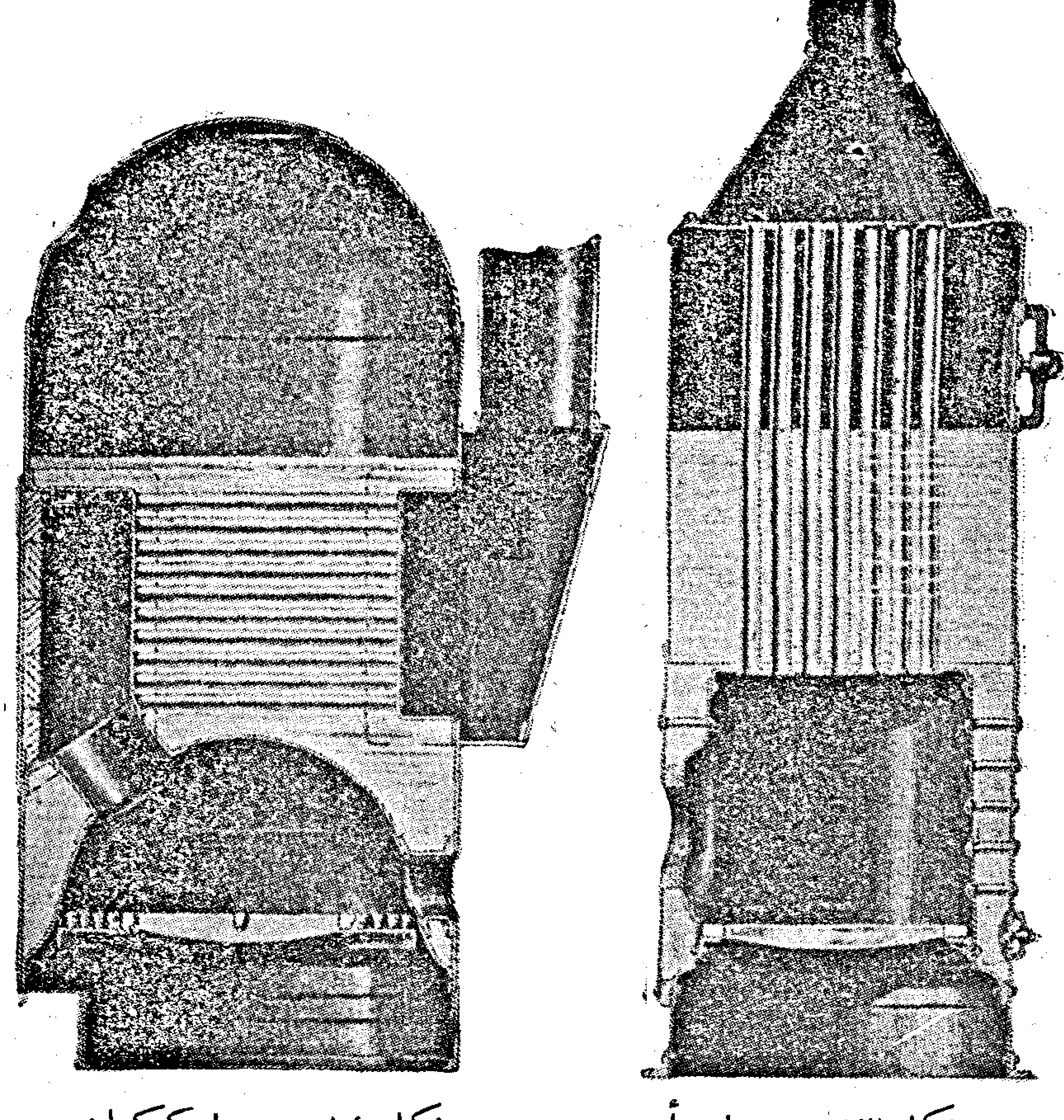
شكل ١١ ـ منظر امامي لجانب من بطارية مراجل لانكشير



شكل ١٢ – مرجل القاطرة

٣٣ – **مرجل القاطره** – يتكون هذا المرجل (شكل ١٢) من غلاف اسطوانى يحتوي على عدد عظيم من مواسير الدخان التي لايزيد قطرها عن ثلاث بوصات تقريباً وتأخذ هذه المواسير من الفرن المستطيل القطاع وتنتهي الى

الجربندية (علبة الدخان) في مقدمة القاطرة . فبذلك تنقسم غازات الاحتراق الى تيارات صغيرة تسير داخل مواسير الدخان من الفرن الى الجربندية حيث تنصرف من المدخنة بعدما تنبذ معظم حرارتها الى الماء الذي يشغل الحيز المتكون بين المواسير والغلاف الخارجي .



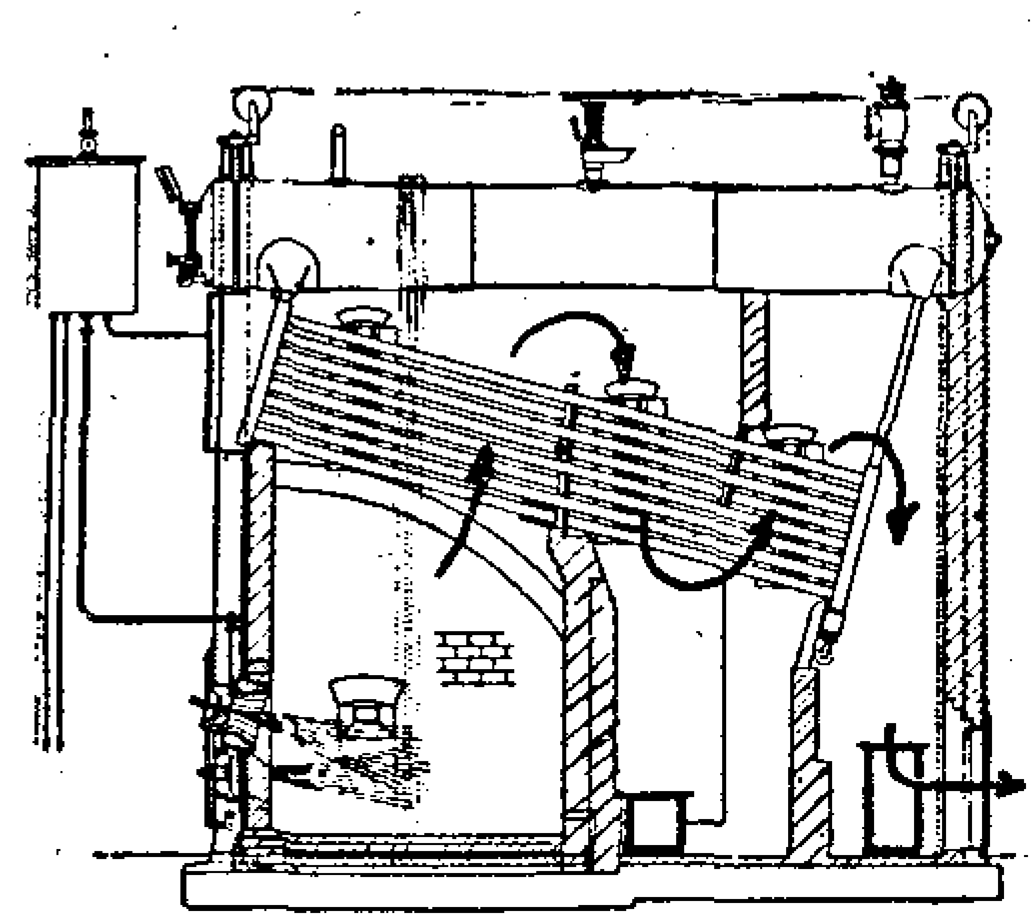
شكل ١٣ — مرجل رأسي

شكل ١٤ — مرجل كوكران

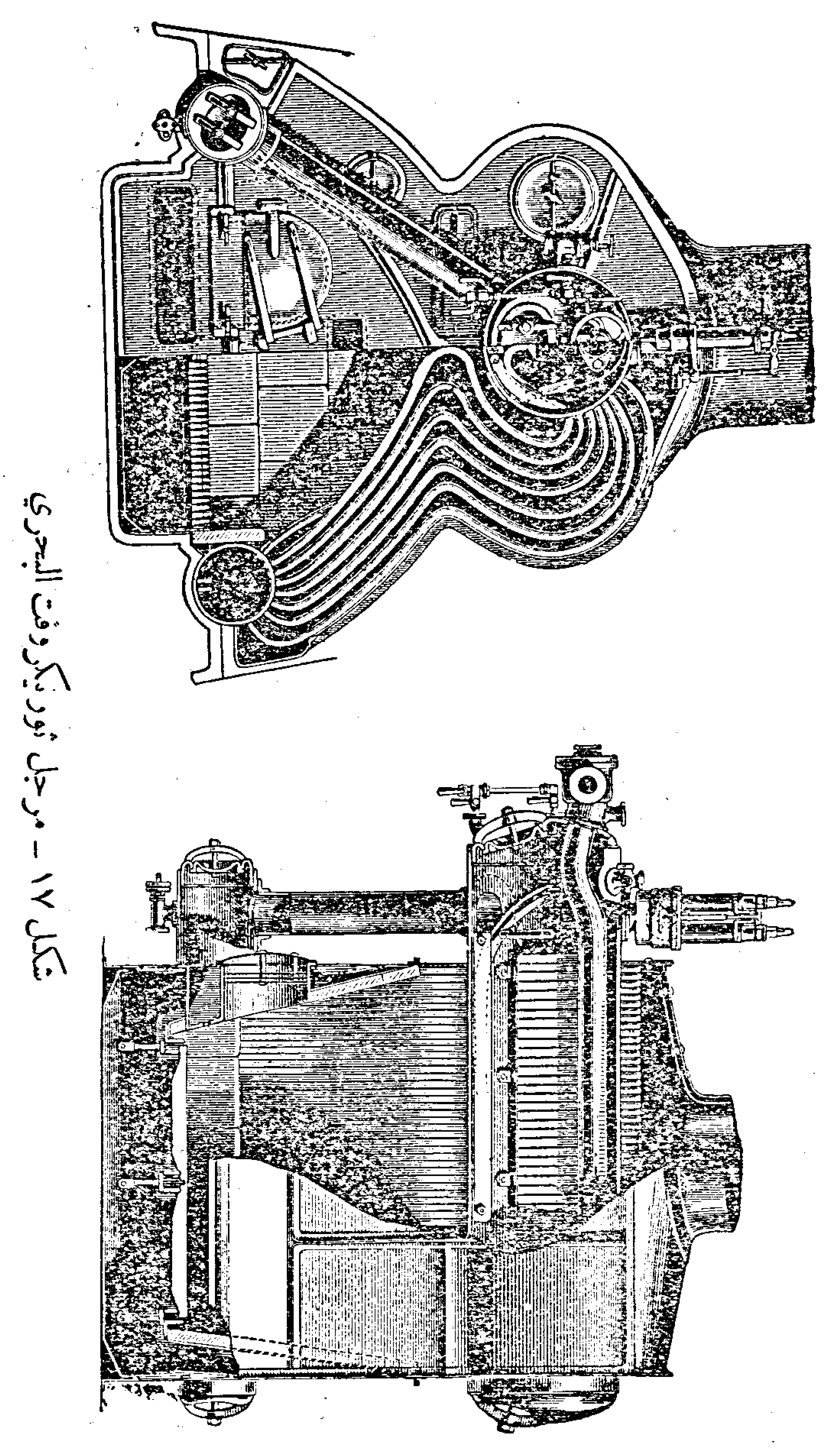
٣٤ — **المراجل الرأسية الصغيرة** — تستعمل هذه المراجل بكثرة في مصر لصغر حجمها وقلة العناية التي تتطلبها في تشغيلها — وشكلي ١٣و١٤ يبينان نوعين منها لا يختلفان عن بعضهما الا في التفصيلات الانشائية. فهي مكونة من غلاف اسطواني رأسي داخله فرن أما على شكل اسطواني أو نصف كروى وتخترق غازات الاحتراق مواسير ضيقة عديدة أفقية او رأسية قبل نفاذها الى المدخنة .

شكل ١٥ ـ مرجل بابكوك وويلكوكس

٣٥ ـ مرجل بابكوك وويلكوكس ـ وهو من النوع ذي مواسير المياه ويتكون من عدة مواسير مائلة ومتصلة بعضها ببعض وبأسطوانة أفقية للبخار والماء بواسطة ممرات رأسية عند كل من طرفي المواسير . وهناك مستودع اسطواني للرواسب موضوع في أوطا نقطة في المرجل ـ وتجبر غازات الاحتراق على اتخاذ طريق ملتوي كما هو مبين في شكلي ١٥ و ١٦ بواسطة قواطيع من طوب الحرارة أو الطين الأسوانلي .



شكل ١٦ ـ مرجل بابكوك معد لحرق المازوت



شكل ١٧ — مرجل ثورنيكروفت البحري

٣٦ — مرجل ثورنيكروفت البحري — وهو مكون من ثلاثة اسطوانات مكونة لرءوس مثلث متساوي الاضلاع والاسطوانة العليا معدة للماء والبخار معا بينما تتجمع الرواسب في الاسطوانتين السفليين وتتصل الاسطوانة العليا بكل

من السفليتين (أولا) بماسورة غليظة خارج الفرن (وثانياً) بعدد عظيم من المواسير الرفيعة (قطر كل منها ١½ بوصة) وهذه المواسير مقوسة بشكل معين لتؤدي غرضين أولهما أنها تكون سقف الفرن وثانيهما أنها تضطر غازات الاحتراق الى النفاذ من خلال أكبر عدد ممكن من المواسير قبل الهروب من المدخنة . ويستعمل هذا النوع من المراجل في المراكب الحربية لسرعة توليدها للبخار وخفة وزنها وقدرتها العظيمة على حرق كميات هائلة من الوقود عندما يشتد الطلب على البخار .

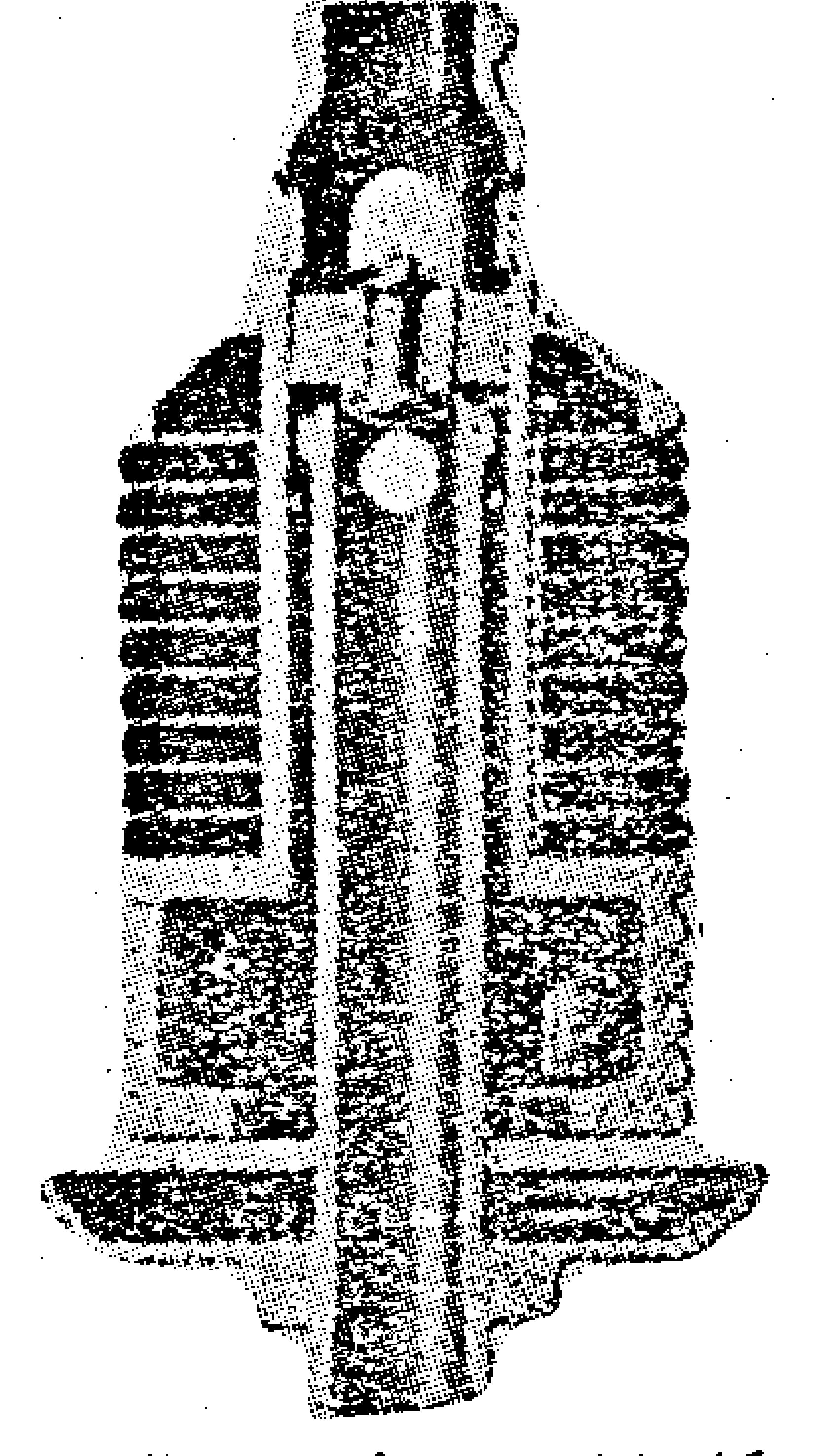
٣٧ – مقارنة بين

المراجل ذات مواسير المياه	المراجل ذات مواسير الدخان
١ – يمكن أستعمالها لتوليد البخار ذي الضغط العالى بدون خطر الانفجار وذلك لأن سمك الالواح في أى مرجل أسطواني يتناسب مع الضغط والقطر وحيث أن اقطار أسطوانات البخار في هذه المراجل دائماً أقل من المتر فبذلك يمكن لمرجل ذى الواح رفيعة أن يتحمل ضغطا عظيما . مثال ذلك : أذا كان ضغط البخار ١٦ كيلوجراما على السنتيمتر المربع فيجب أن يكون سمك الواح اسطوانة المرجل التي قطرها ١٢٠ سنتيمترا ٨ ملليمترات والتي قطرها ٥ أمتار ٦٧ ملليمترا .	١ – لا تستعمل الا لتوليد البخار ذي الضغط المنخفض اي اقل من ١٦ كيلو جراما على السنتيمتر المربع .

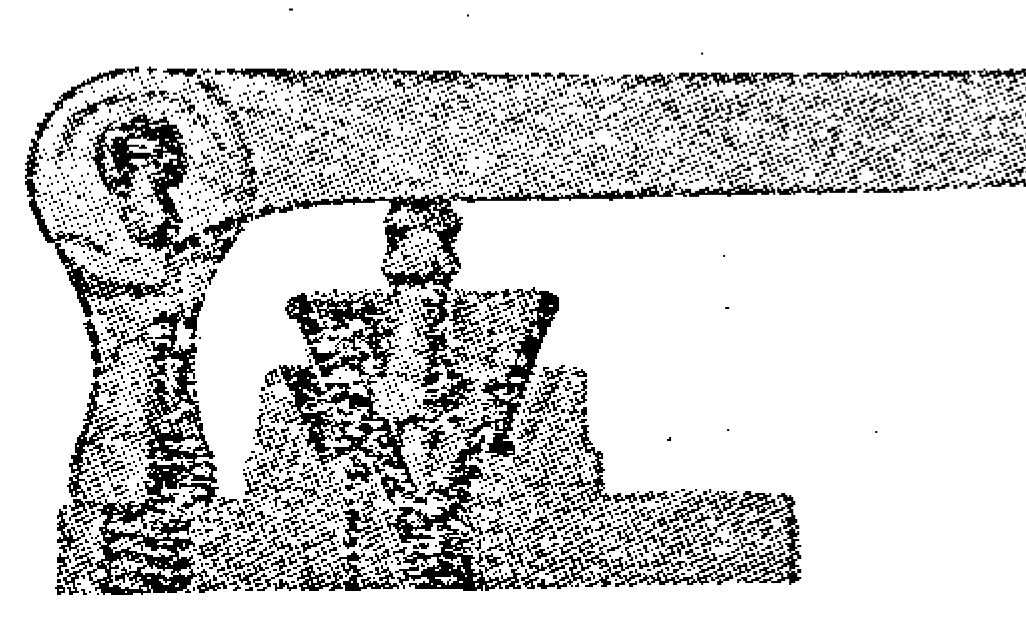
٢ ـ انفجار المرجل اقل خطراً في هذا النوع مما في المراجل ذات مواسير الدخان لان كميه المياه والبخار فيها اقل .	٢ ـ الاخطار الناشئة من انفجار المرجل اشد فتكا بالمتاع والارواح لضخامة كمية الماء والبخار التي يحتويها .
٣ ـ سرعة توليد البخار لان كمية الماء داخل المواسير اقل ولان دورة الماء اسرع بكثير .	٣ ـ تحتاج الى زمن طويل لتوليد البخار .
٤ ـ سهولة نقلها وتركيبها وتصاليح ما يتلف من اجزائها .	٤ ـ متعبة جدا في النقل والتركيب لضخامتها وعدم امكان فك اجزائها . ثم ان اصلاح اي جزء منها يحتاج الى عناء ووقت طويل .
٥ ـ اخف وزنا وتشغل حيزاً اقل لذلك كانت اساساتها ومبانيها اقل كلفة من النوع الآخر .	٥ ـ اكبر حجما ووزنا .
٦ ـ يمكن لمرجل كبير من هذا النوع توليد من ١٠٠٠٠ الى ١٥٠٠٠ كيلو جرام من البخار في الساعة	٦ ـ بينما اكبر مرجل من هذا النوع يولد على الاكثر ٦٠٠٠ كيلو جرام من البخار في الساعة .
٧ ـ لقلة كمية الماء في هذا النوع يجب العناية التامة بحفظ منسوب الماء فيها بتغذيتها باستمرار اذ لو انقطع ماء التغذية كلية لتبخر الماء الذي بداخل المرجل في خمس دقائق وحرقت المواسير .	٧ ـ لا يوجد هذا الخطر .
٨ ـ ضرورة تغذية هذا النوع بماء نقي اي خال من الرواسب والاملاح لان وجود ولو نسبه ضئيلة منها ينشأ عنه انسداد المواسير ثم تعطيل دورة الماء ثم حرق المواسير .	٨ ـ نقاوة ماء التغذية ليست لها نفس الاهمية لانه لا توجد مسافات ضيقة داخل المرجل .
٩ ـ حيث ان مواسير هذا النوع رفيعة السمك فأن نسبة تأكلها كبيرا .	٩ ـ نسبة التأكل بسيطة ولذا كانت هذه المراجل اطول عمراً .

التراكيب المثبته في المراجل

يجب ان يكون بكل مرجل التراكيب الآتي بيانها مع وظائف كل منها : —


شكل ١٨ — صمام ذو حمل مباشر

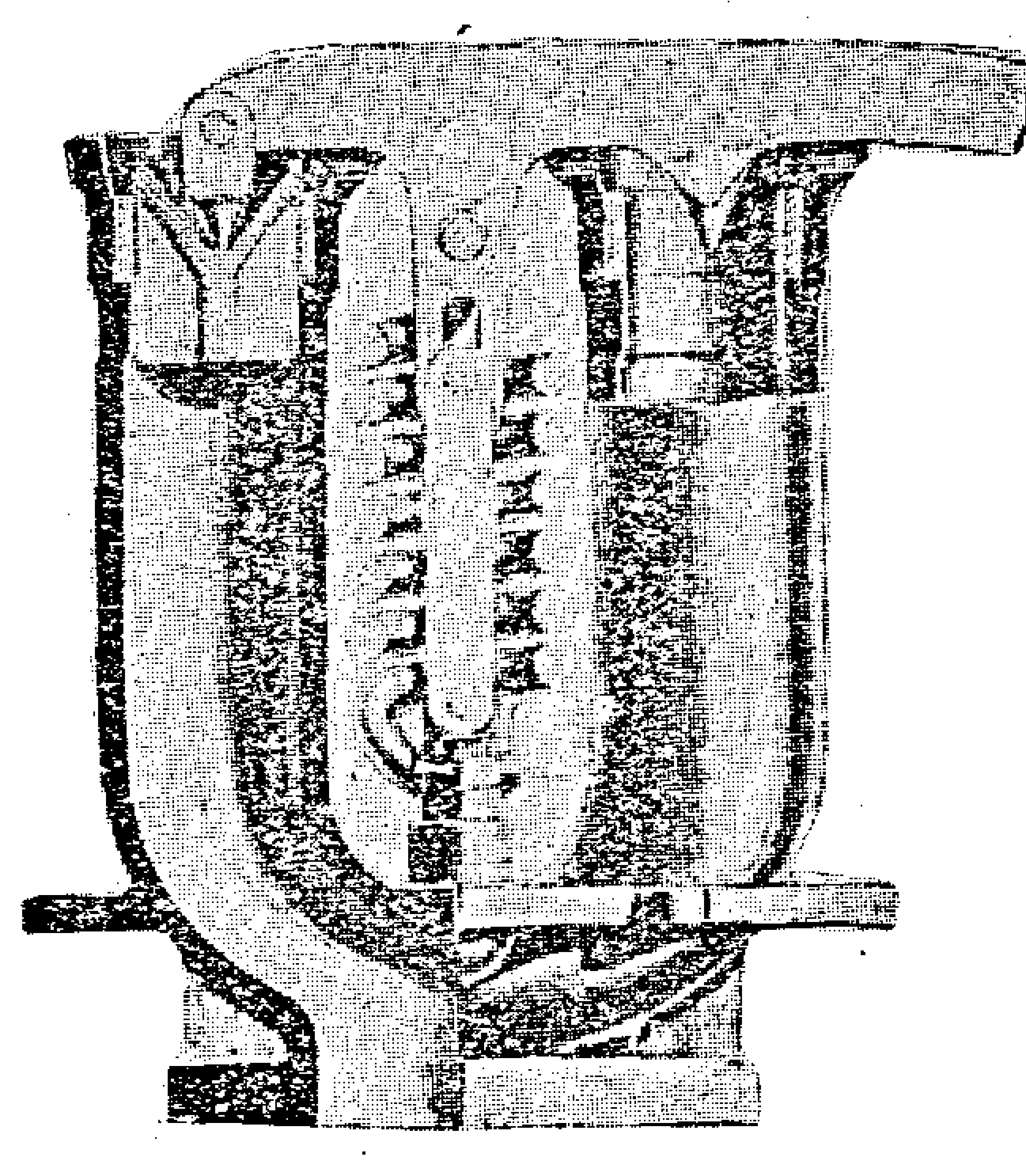
٣٨ — **صمام أمن** — لتصريف البخار اذا زاد ضغطه داخل المرجل عن حد التشغيل وذلك حفظا لسلامة العمال ومنعا لاضرار الفرقعة التي تحدث من جراء زيادة الضغط ونظرية أصمة الامن على أختلاف أنواعها هى أن يسلط ضغط على صمام يغطى فتحة موصلة لحيز البخار في المرجل بحيث أن هذا الضغط يكون مساويا لمساحة الفتحة مضروبا فى الضغط الخطر الذي يراد تصريف البخار عنده مقدرا بوحدة الضغوط على وحدة المساحة ولا يختلف صمام أمن عن آخر الا في طريقة تسليط الضغط الحابس .


شكل ١٩ — صمام ذو رافعة

والاشكال من ١٨ الى ٢٠ تبين الثلاثة أنواع الشائعة الاستعمال في المراجل .

ففي الصمام ذو الحمل المباشر (شكل ١٨) يتخذ الضغط الحابس للصمام شكل اثقال توضع بحيث تؤثر على الصمام مباشرة .

وفي الصمام ذوالرافعة(شكل١٩) يسلط الضغط الحابس بواسطة رافعه تحمل ثقلا عند احد طرفيها .

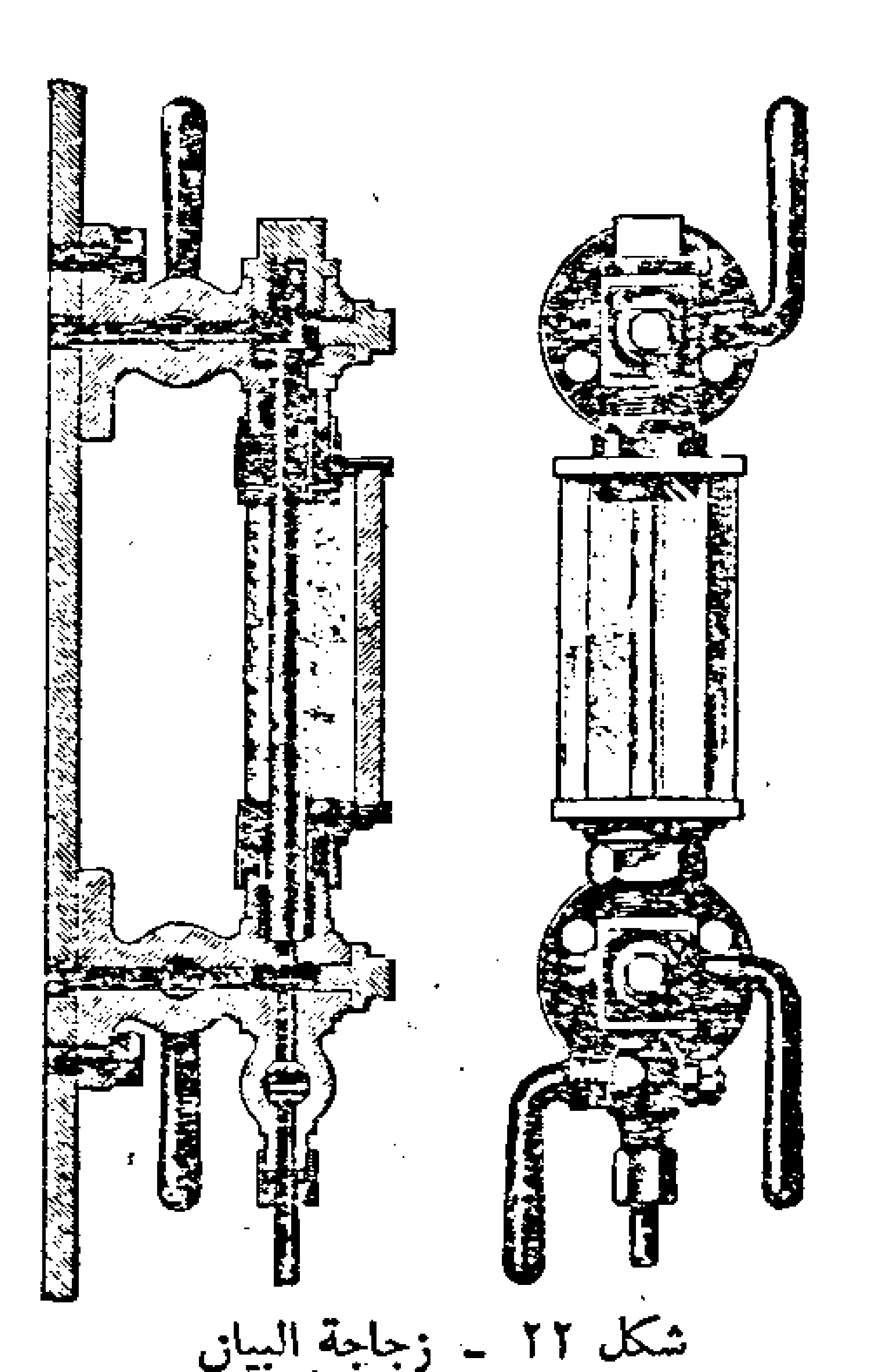

شكل ٢٠ — صمام ذو زمبلك

وفي الصمام ذي الزمبلك (شكل ٢٠) يضغط الصمام بواسطة زمبلك قوى أحد طرفيه مثبت في جسم الصمام والطرف الثانى يشد رافعة تضغط على صمامين صغيرين .

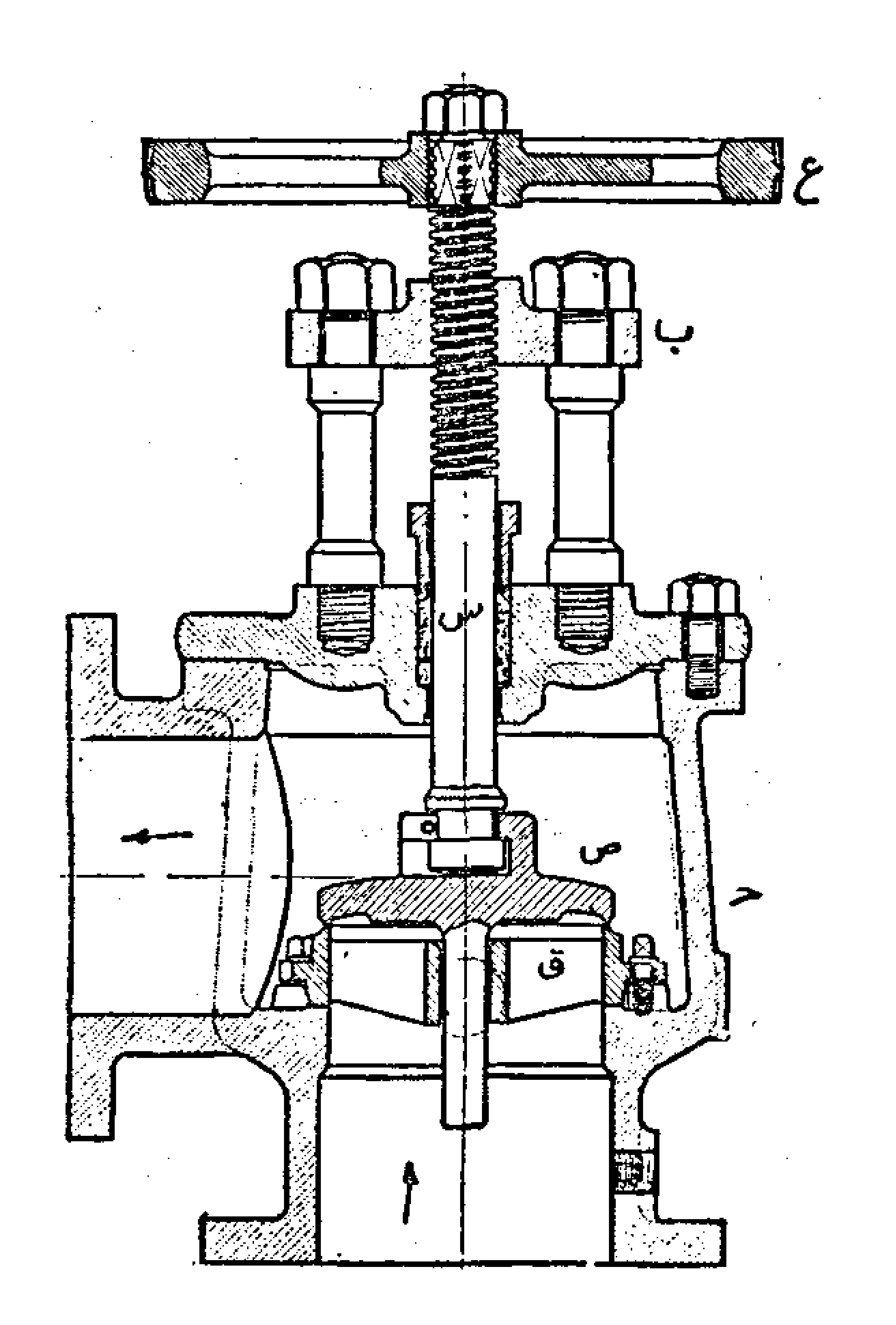
٣٩ – مقياس الضغط – ويركب في واجهة المرجل للدلالة على ضغط البخار ونظرية أغلب هذه المقاييس تنحصر في السماح لماء البخار بالنفاذ الى انبوبة مفرطحة القطاع ومقوسة الى ما يقرب من دائرة كاملة (ب ا حـ) وبهذه الكيفية تميل الانبوبة الى الانفراج تحت تأثير الضغط الداخلي فيها . وحيث أن احد طرفيها (ب) مثبت في جسم المقياس ينتج أن الطرف الحر للأنبوبة (حـ) يميل الى الابتعاد عن المركز فيحرك عقرب المقياس (ع) بواسطة الذراع (هـ) والقطاع المسنن (ن) والعجلة المسننة (م) ويتحرك العقرب على وجه مقسم بحيث تعطي قراءاته الضغط النوعي للبخار مباشرة .

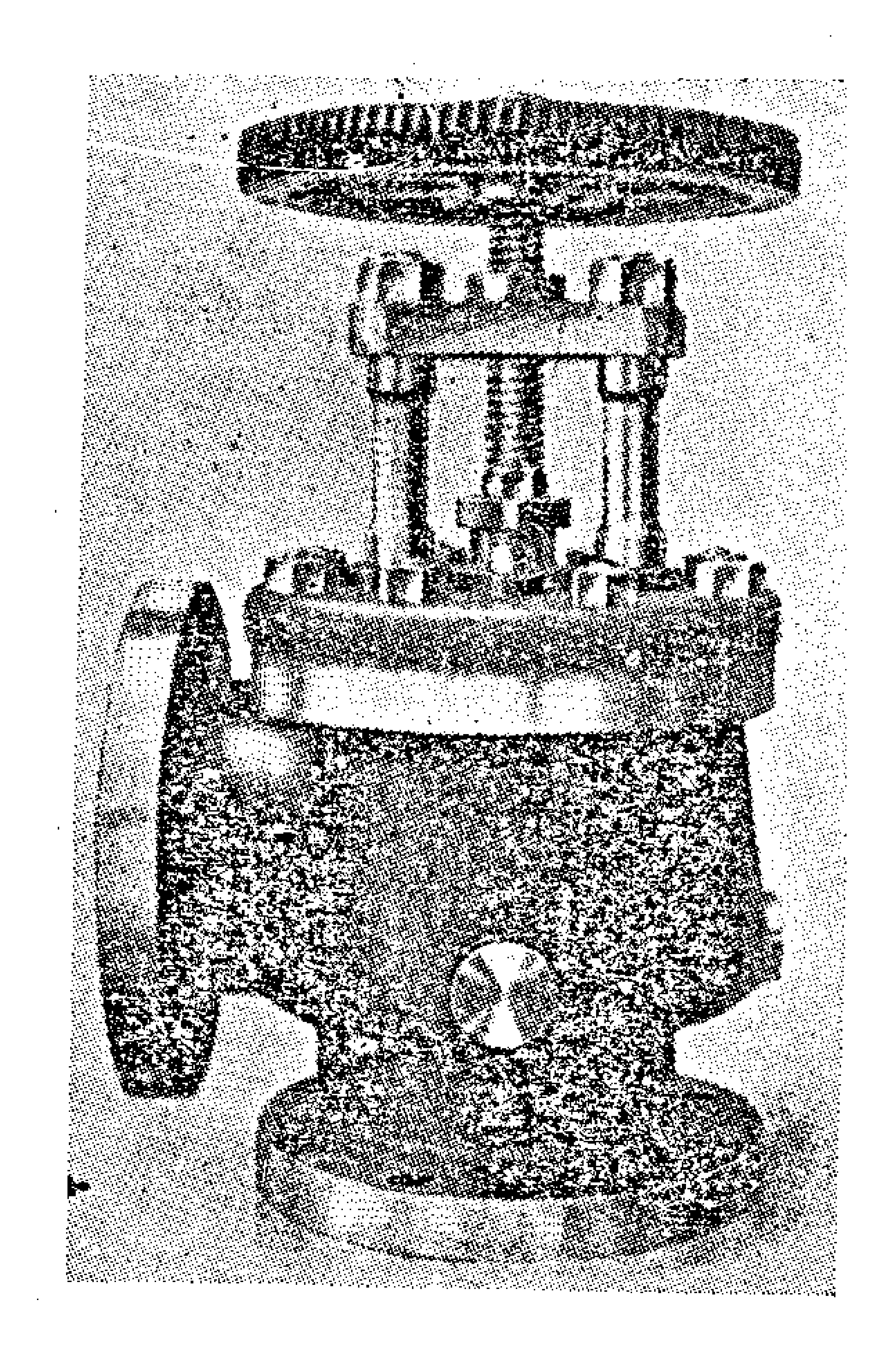
شكل ٢١ – مقياس الضغط

٤٠ – زجاجة البيان مستوى الماء داخل المرجل وتركب في واجهة المرجل أيضاً بحيث تتصل نهايتها السفلى بحيز الماء ونهايتها العليا بحيز البخار . وأهمية حفظ مستوى الماء من الهبوط هى لضمان وجود كمية من الماء فوق الواح المرجل المعرضة لغازات الاحتراق والا احترقت تلك الالواح من شدة الحرارة المترتبة على عدم وجود العامل الملطف لها وهو الماء .



شكل ٢٢ – زجاجة البيان





شكل ٢٣

٤١ ــ **صمام هابس** ــ يتصل بمأخذ البخار من المرجل ويتركب من صمام مصنوع من البرونز يتصل أتصالا شبه مفصليا بساق يمر من ثقب مقلوظ وينتهي طرفه بعجلة تدار باليد .

٤٢ــ**حنفية تصفية** المرجل وتتصل بأوطى نقطة في المرجل ووظيفتها تصفية الرواسب التي تتراكم في المرجل بين حين وآخر وأيضاً لتفريغ المرجل من الماء كلية عند التنظيف والتفتيش السنوي

٤٣ ــ **صمام غير رجعي** لتغذية المرجل بالماء عند الحاجة ويجب أن يكون غير رجعي لكي لا يرتد ماء المرجل الى الخارج عند انقطاع او ضعف ضغط الماء الوراد .

٤٤ ــ **منبه هبوط أو ارتفاع الماء عن حدى الامن** ــ ليست هذه التركيبة من الضرورات ولكنها مبالغة في الاحتياط من هبوط الماء الى درجة خطر حرق الواح المرجل المعرضة لغازات الاحتراق أو ارتفاع الماء وقت تغذية المرجل الى

درجة خطرة وهى فى ذلك تؤدي عمل صمام الامن . ويتركب هذا الجهاز من رافعه (ا ب) معلقة داخل المرجل عند (ح) وتحمل عند احد طرفيها عوامه (ﻫ) وعند الطرف الآخر ثقل اتزان (و) وبها حد سكين (ع) يضغط على ساق الصمام الصغير (ص١) وهذا الصمام يغطي فتحة في صمام أكبر منه (ص) يرتكز على فتحة في جسم الصمام — ويضغط الصمام ص١ على قاعدته ثقل (ك) معلقا بساق الصمام — ويضغط الصمام (ص) على فتحته علاوة على الضغط الناشيء من الصمام الصغير ثقلا آخر (ل) بطرف رافعه (ر) .

شكل ٢٤

فعندما يزداد ضغط البخار في المرجل ينفتح الصمام الكبير ص كما لو كان صمام أمن عادي وعندما ينخفض منسوب الماء داخل المرجل تنخفض معه العوامة ﻫ حتي أذا هبط المنسوب الى درجة الخطر ضغط حد السكين على ساق الصمام الصغير و نفذ منه البخار وترتب على ذلك صفير حاد يلفت نظر ملاحظ المرجل الى ضرورة الاسراع بتغذية المرجل بالماء .

وأذا ارتفع منسوب الماء حتي طفا الثقل « و » خف وزن الاخير وهبطت العوامه ﻫ الى أن ينفتح الصمام ص١ فيحدث نفس الصفير ولكن في هذه الحالة مؤذنا بضرورة أيقاف طلمبة التغذية .

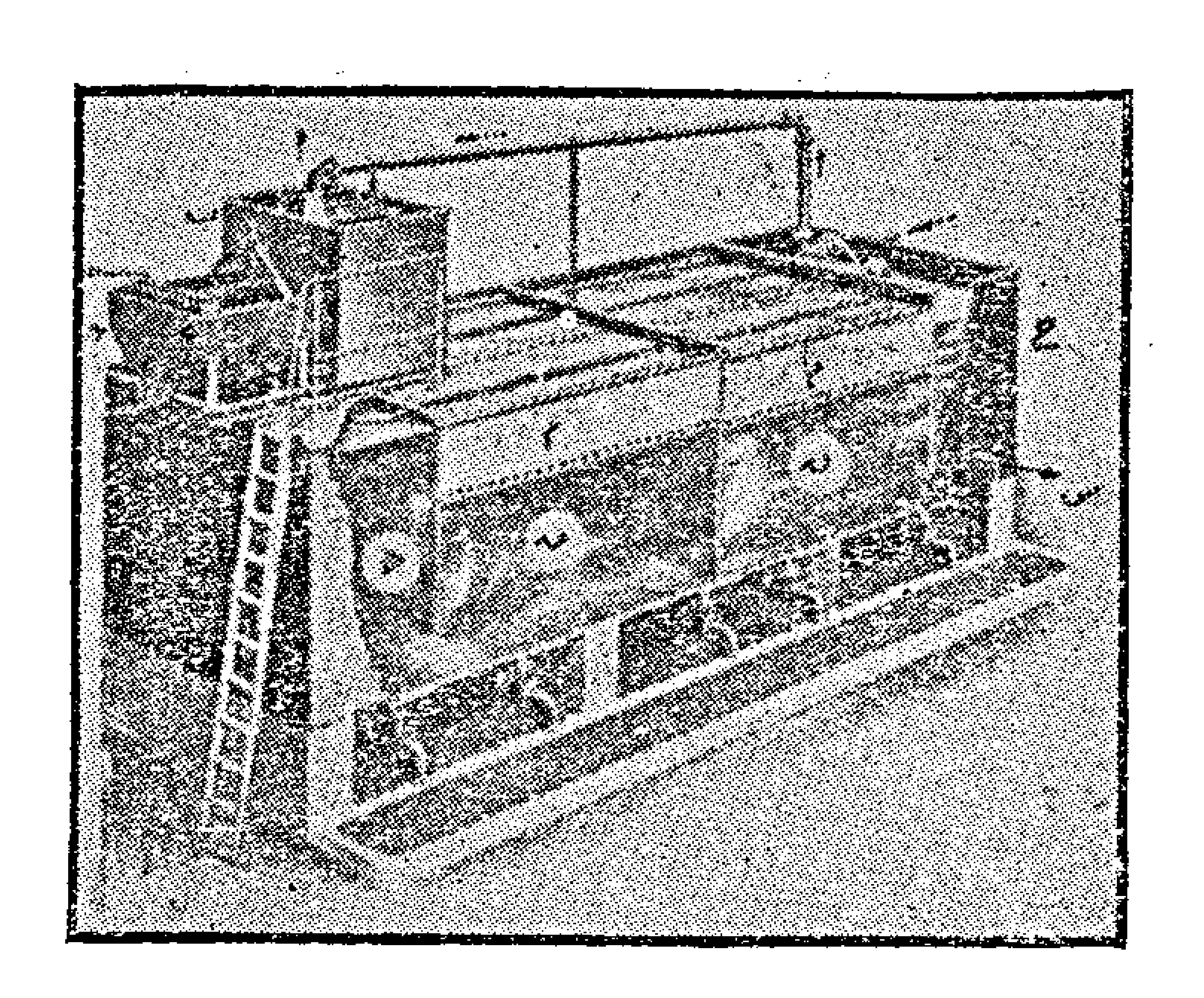
وهناك تركيبات أخرى ليست ضرورية ولكنها تستعمل في المحطات الكبيرة لضمان انتظام العمل وتوفير الوقود ومد أجل المرجل لايتسع المقام لايرادها .

توابع المراجل

توجد في كل غرفة مراجل معدات تابعة لها فمنها ما يتعلق بماء التغذية ومنها

ما هو خاص بالبخار ـ أما معدات التغذية فتنحصر في مرشحات الماء ثم مسخناته ثم طلمبات التغذية . والمعدات الخاصة بالبخار هي المواسير الموصلة للمحركات ومجففات البخار وأجهزة تصفية الماء المتكاثف في الصمامات والانابيب والمجففات .

٤٥ـ **مرشحات الماء**ـ منعا من تأكل الواح المراجل من الداخل ولتخفيض كمية الرواسب التي تعيق انتقال الحرارة من الوقود الى الماء في جميع أنواع المراجل وتعيق دورة الماء في حالة المراجل ذات مواسير الماء ـ يجب ترشيح مياه

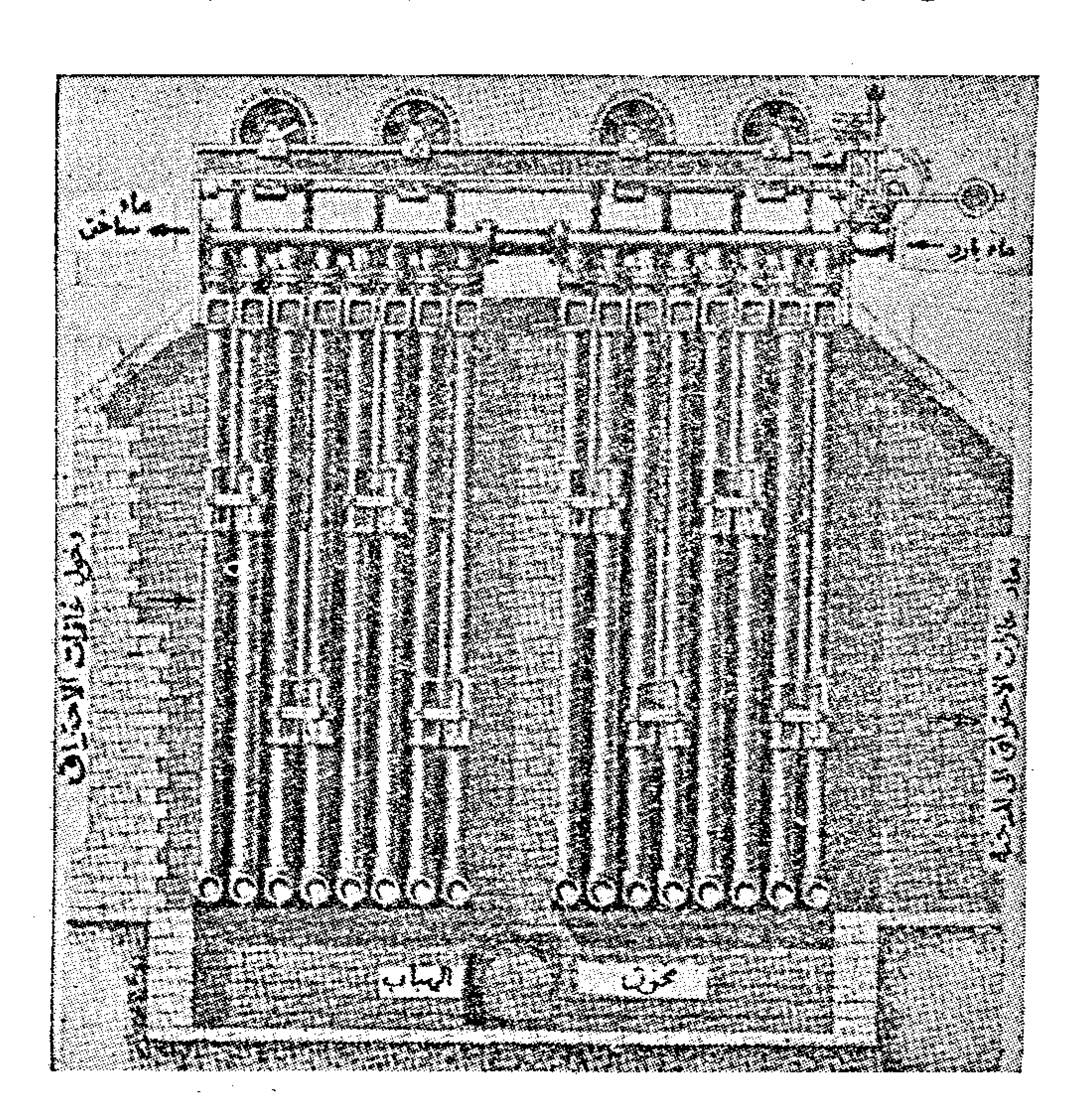


شكل ٢٥ ـ مرشح للماء صنع شركة بابكوك وويلكوكس

التغذية وفصل الاملاح المعدنية التي توجد في المياه الارتوازية أو الرواسب التي توجد في مياه الترع والانهر . فيزال الاملاح بواسطة تسخين ماء التغذية الى ما يقرب من درجة الغليان وأضافة قليل من الجير والصودا ثم بعد ذلك يرشح الماء في الاحواض المعدة لذلك . وشكل ٢٥ يبين مرشح من صنع شركة بابكوك وويلكوكس لازالة الاملاح والرواسب . فيصب الماء المراد ترشيحه من الماسورة ا الى حوض القياس ب حيث يمزج به نسبة معينة من محلول الجير والصودا المحفوظ في الحوض الصغير حـ ومن ثم يصب أولا في الغرفة هـ من الحوض ثم الى الحوضين ر ر ومنهما يخترق الماء طبقة الرمل النقى م م التى ترشح الماء من الرواسب ثم يطفو فوق سطح هذه الطبقة نقيا مرشحا الى أن يتجمع في

الحوض ع ويؤخذ الماء النقي لتغذيه المراجل بواسطة الماسورة س وتستخرج الرواسب من قاع الحوض بواسطة فتح الحنفيات التى بأسفل الحوض بين حين وآخر كما أن رمل الترشيح يغسل مما علق به في فترات متقاربة .

٤٦ — *مسخنات ماء التغذية* — من الواضح أن تغذية المراجل اثناء عملها بالماء البارد يلحق بها اضرارا لا يستهان بها اذ ينجم عن اختلاط الماء البارد بالماء الذي بلغت حرارته درجة التبخر اجهادات غير موزعة بانتظام على الواح المرجل فضلا عن عرقلة الدورة المنتظمة للماء الذي بداخل المرجل . لذلك وجد



شكل ٢٦— موفر جرين

بالتجربة ان في تغذية المراجل بالماء الساخن فائدة عظمى سواء كان ذلك من وجهة توفير الوقود او من ناحية اطالة حياة المرجل النافعة بتجنب الاجهادات الغير منتظمة . ويسخن ماء التغذية بأحدى ثلاث طرق :

أ ـ بخلطه مع قليل من البخار الحر المستخرج من المرجل .

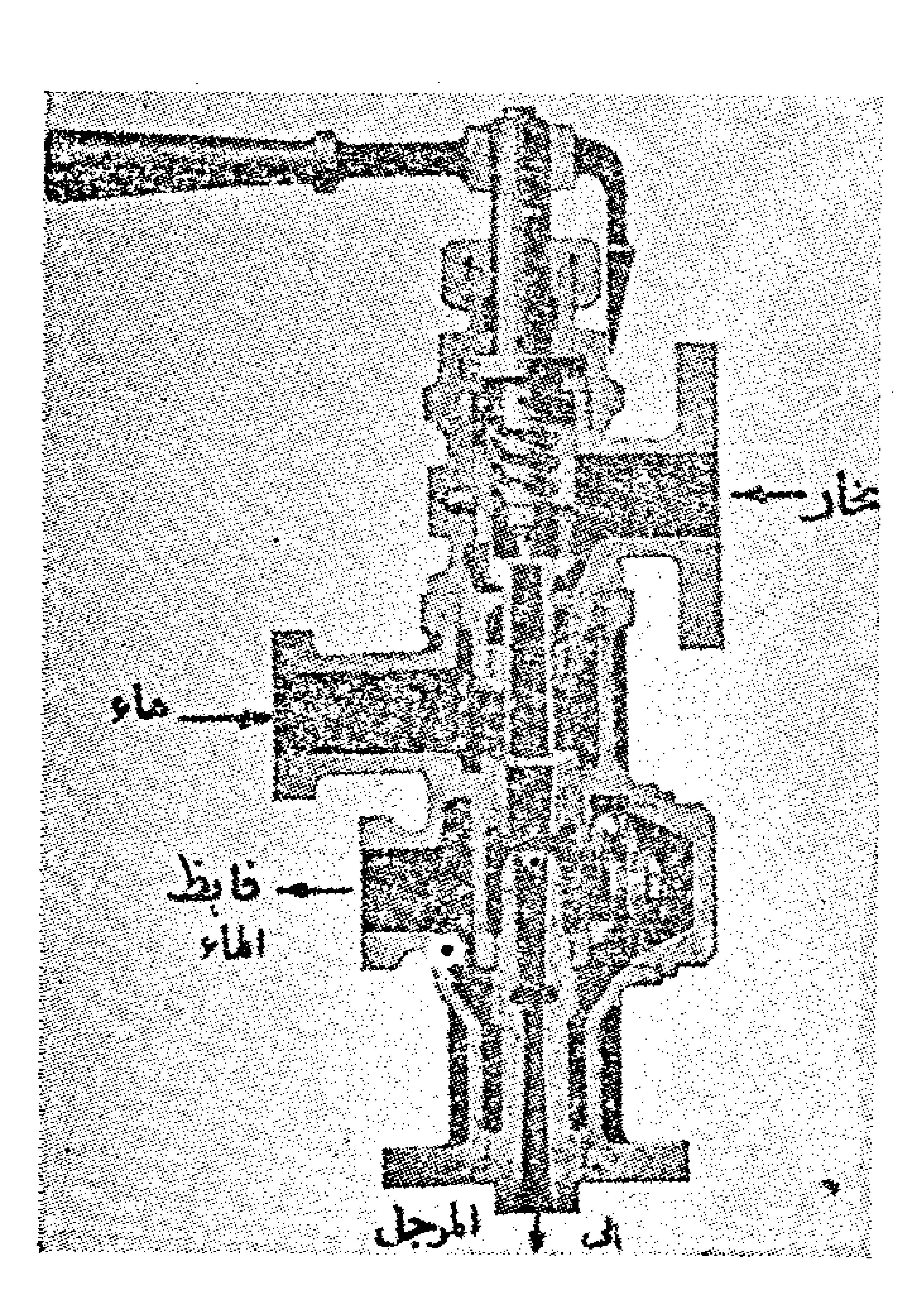
ب ـ بتمرير الماء داخل مواسير محاطة بالبخار العادم الناتج من المحركات البخارية .

حـ ـ بتمرير الماء داخل مواسير محاطة بغازات الاحتراق قبل نفاذها الى المدخنة وفي هذه الحالة يطلق على المسخن كلمة (موفر) لان في استعماله وفر ليس بقليل في حرق الوقود .

وشكل ٢٦ يبين « موفر جرين » وهو اكثر المسخنات انتشارا ويتكون من انابيب رأسية يمر منها ماء التغذية في طريقة الى المرجل وتوضع هـذه الانابيب في غرفة مبنية بطوب الحرارة بالقرب من قاعدة المدخنة حيث تمر منها غازات الاحتراق قبل انصرافها وبذلك يستخرج منها اكبر كميه من الحراره . وتنظف الانابيب مما يعلق بها من هباب الفحم بحلقات تتحرك عليها صعودا وهبوطا

٤٧ ـ *طلمبات التغذية* ـ يضغط الماء داخل المراجل بأحدى طريقتين:

أ ـ بواسطة الحاقن شكل ٢٧ وهو جهاز تنحصر نظريته في تحويل ضغط البخار الى طاقة تحركية بواسطة البوق أ وبعد امتزاج البخار بالماء تحول طاقة المخلوط التحركية الى طاقة ضغطيه في البوق المزدوج ـ وبهذه الكيفيه يمكن رفع ضغط ماء التغذية الى الحد الكافي لكبسه داخل المرجل باستعمال قليل من البخار الذي يولده نفس المرجل .



شكل ٢٧ ـ حاقن اتوماتيكى

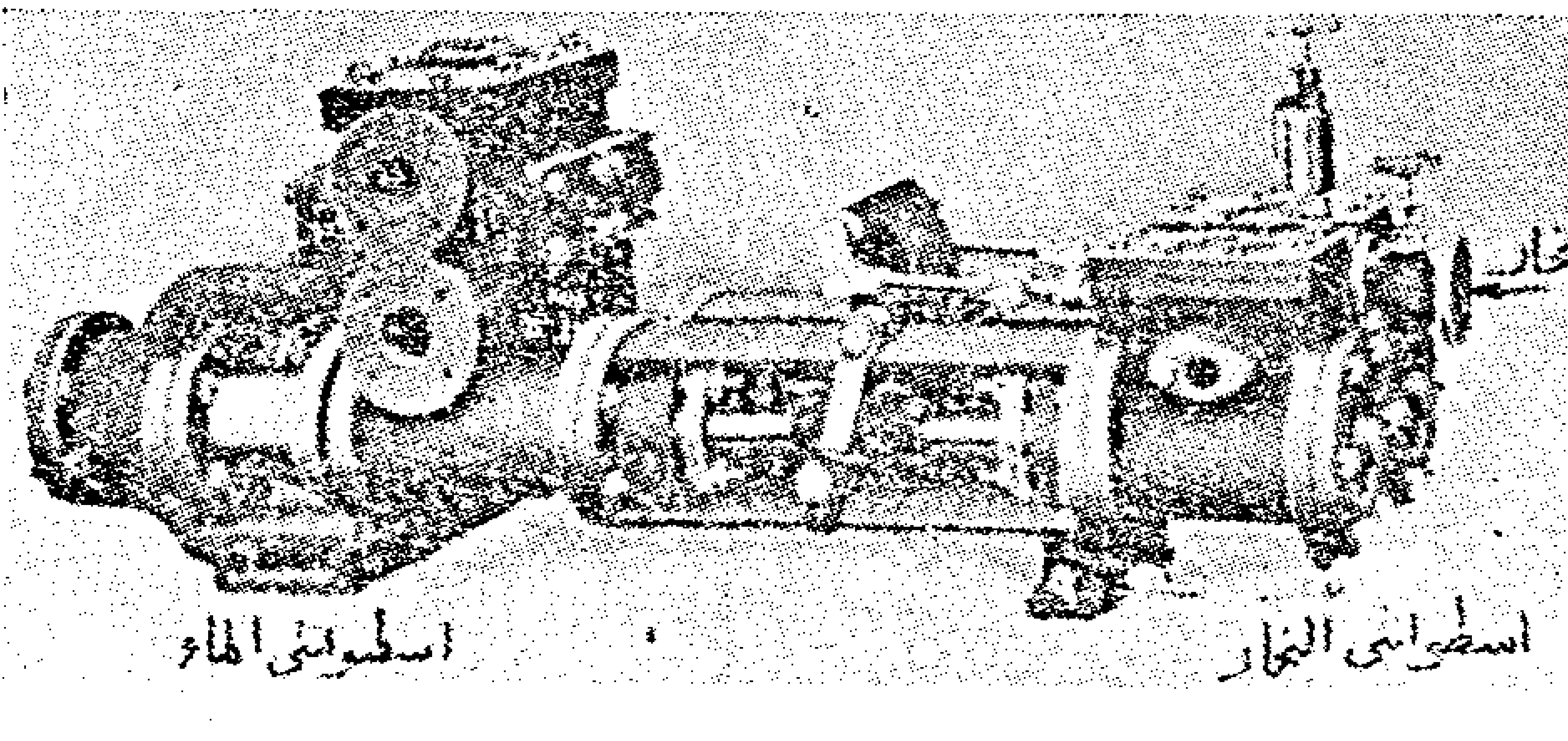
ب ـ بواسطة طلمبات ترددية

خالية من اي حركه دائريه وشكل ٢٨ يبين النوع الرأسى وشكل ٢٩ النوع الافقي من هذه الطلمبات وقد اطلق على النوع الاخير اسم « الدونكي » لمشابهة حركة سيقانها لحركة أرجل الحمار . ولا يتسع المقام هنا لشرح عمل هذه الطلمبات

شكل ٢٨ — طلمبة تغذية رأسية

٤٨ — محمصات البخار —

قد وجد انه في تحميص البخار قبل استعماله في المحركات زيادة تذكر في جودة المحرك ويترتب على ذلك اقتصاد كبير في صرف الوقود . ويحمص البخار بتمريره داخل انابيب خاصه على شكل (U) توضع في طريق غازات الاحتراق في مكان متوسط الحراره أذ لو وضعت تلك المحمصات

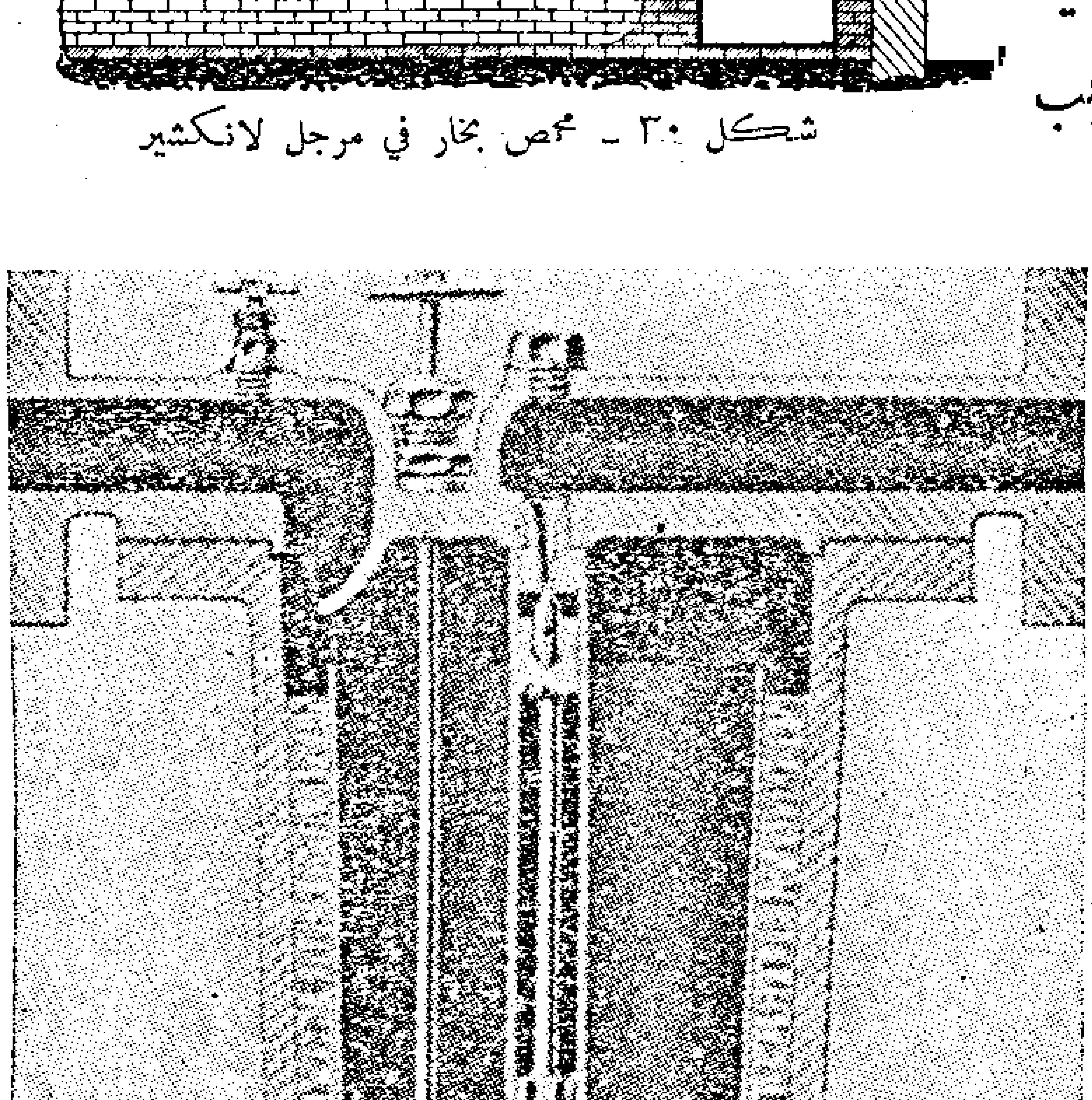


شكل ٢٩ — طلمبه تغذيه أفقيه

في الفرن مباشرة لاحترقت الانابيب ولو وضعت بالقرب من المدخنه لما كانت حرارة الغازات كافية لتحميص البخار وشكل ٣٠ يبين محمص البخار في مرجل لانكشير وتظهر محمصات البخار في مرجل القاطره في شكل ١٢ صحيفة ٣٤.

٤٩ ــ اجهزة تصفية ماء تكاثف البخار ــ تـدل احصاءات انفجار انابيب البخار على ان ما يقرب من ٨٠ ٪ منها ناشيء من الماء المتراكم من تكاثف البخار لذلك كان لتصفية هذا الماء اهميه عظمى . أذ يجب تصفية هذه الانابيب أولا بأول وشكل ٣١ يبين جهاز تصفية يشتغل من تلقاء نفسه أذ كلما امتلأ بماء البخار المتكاثف انفتح صمامه وطرد الماء بضغط البخار عليه ويوضع مثل هذا الجهاز عند منحنيات انابيب البخار وعند الصمامات الحابسه التي توزع البخار على المحركات وطريقة عمل الجهاز واضحة من الشكل أذ يتكون من اناء يطفو على سطح الماء حتى اذا امتلأ الغلاف الخارجي سال المـاء الى داخل الاناء فيغطس ويفتح الصمام الموصل للخارج فيندفع الماء المتراكم في الاناء الى الخارج حتى يخـف وزنه فيطفو ثانية الى ان يغلق الصمام .

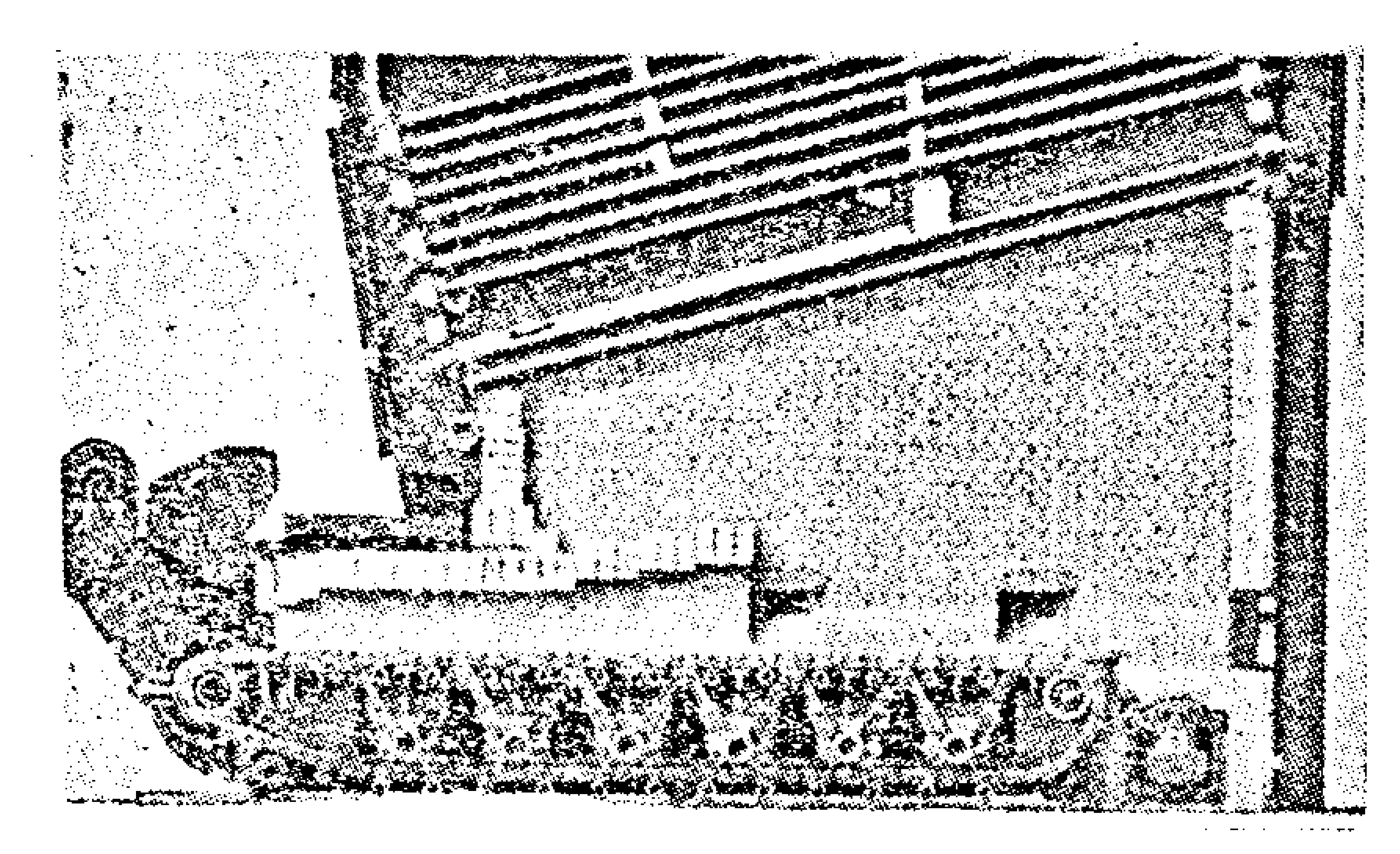
شكل ٣٠ ــ محص بخار في مرجل لانكشير



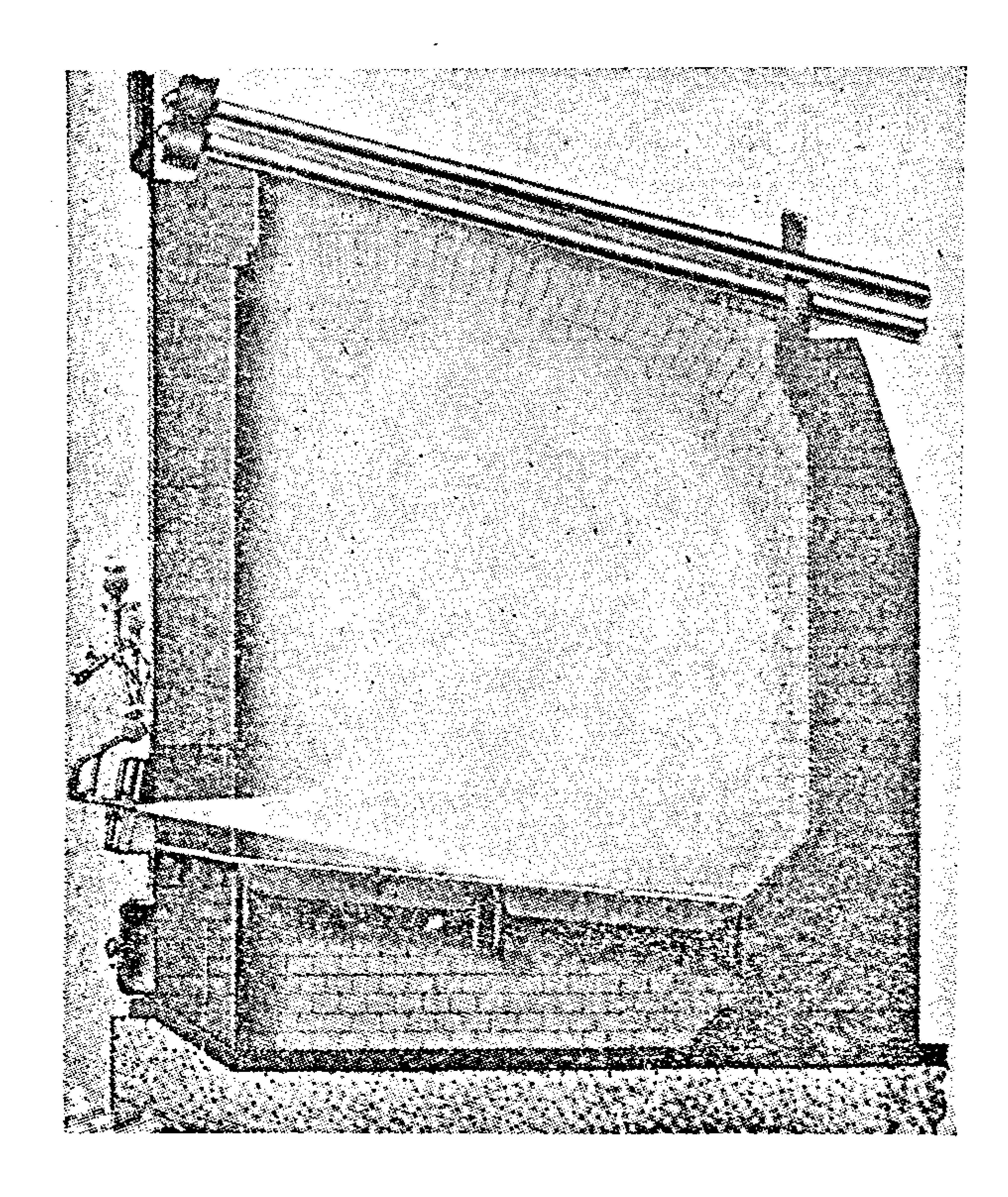
شكل ٣١ ــ جهاز تصفية ماء البخار المتكاثف

٥٠ ــ انواع الافران . لكل نوع من الوقـود فرن خاص لحرقه حتى يعود هـذا الحرق باكبر فائدة في توليد البخار فالاشـكل من ٣٢ الى ٣٤ تبين

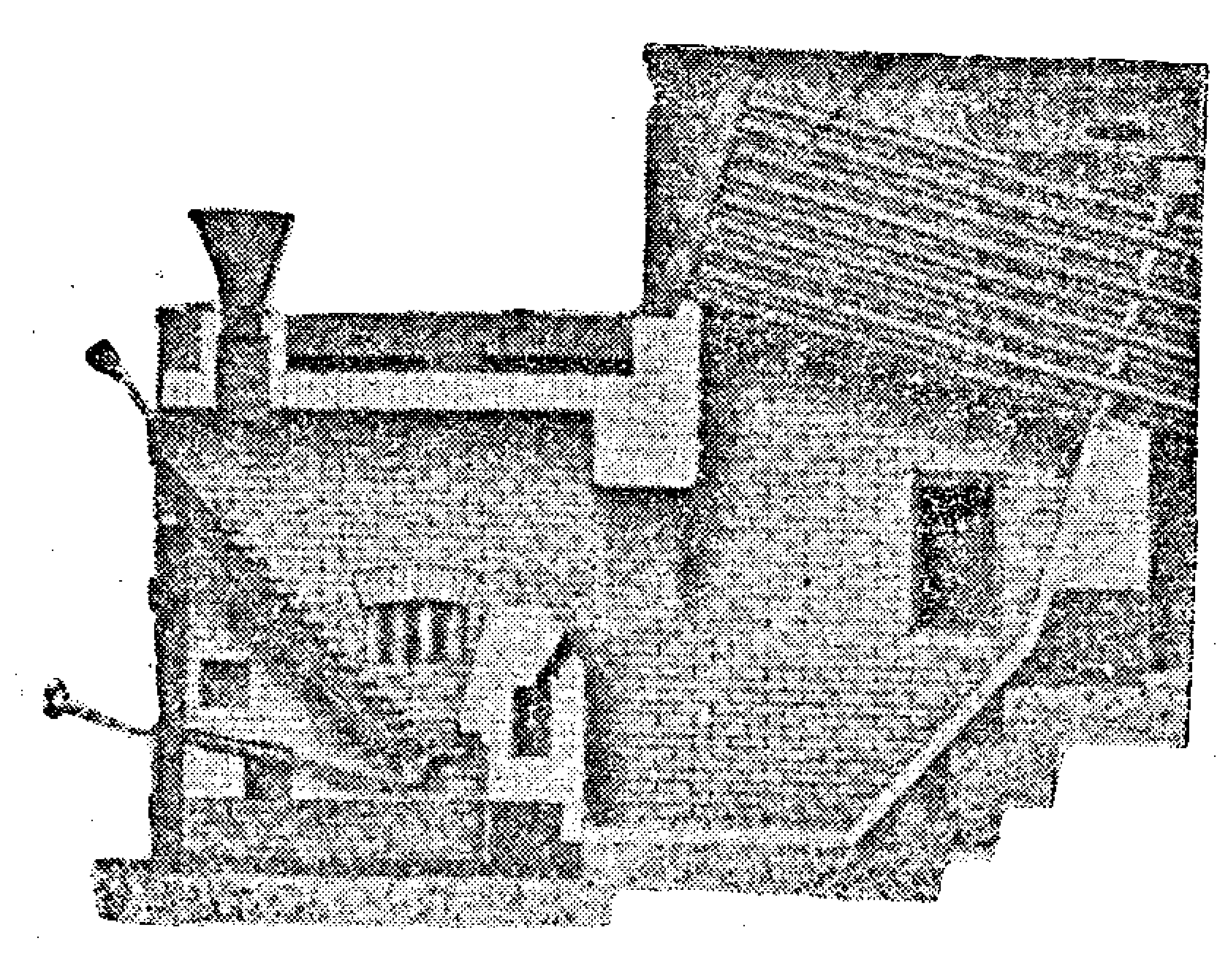
انواع الافران المستعملة لمواد الحريق المختلفه ويتوقف تصميم الفرن على أمور شتى اهمها :



شكل ٣٢ ـ فرن ذو مصبات ميكانيكية لحرق الفحم الناعم (رجوع الفحم)



شكل ٣٣ ـ فرن معد لحرق المازوت



شكل ٣٤ ـ فرن معد لحرق المخلفات الزراعية مثل حطب القطن ومخلفات قصب السكر بعد عصره الخ

ا ـ طبيعة الوقود ـ أذا كان صلبا أو سائلا أو غازيا

ب ـ حجم الوقود بالنسبة لقدرته الحرارية

حـ ـ درجة رطوبة الوقود

د ـ حجم قطع الوقود

هـ ـ نسبة المواد الطيارة في الوقود

و ـ طول اللهب المتكون من الحرق

الفصل الرابع

المحرك البخاري الترددي

٥١ ـ المحرك هو الآلة التي يتم فيها تحويل الطاقة الحرارية للوقود الى طاقة تحركية ويمكن تقسيم المحركات من حيث المادة التي تستعمل كوسيط لنقل حرارة الوقود الى المحرك الى قسمين :

ا ـ **المحرك البخاري** ـ وهو الذي يستعمل بخار الماء كوسيط لنقل الطاقة الحرارية للوقود أذ يستعمل الوقود في توليد البخار في جهاز خاص وهو المرجل ثم يستعمل هذا البخار في ادارة المحرك .

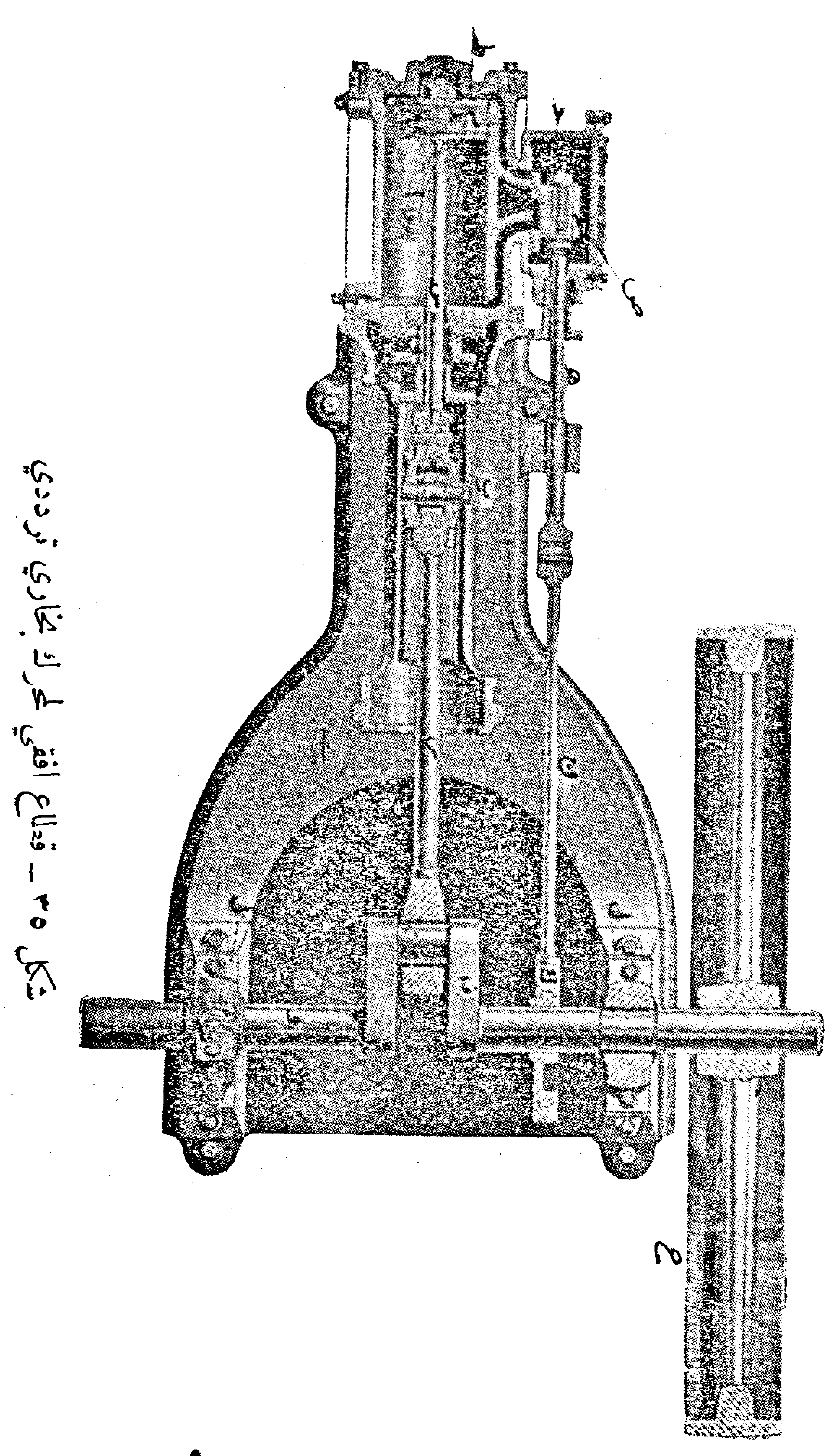
ب ـ **المحرك ذو الاحتراق الداخلي** ـ وفيه يحرق الوقود داخل اسطوانة المحرك وبذلك يكون وسيط نقل طاقة الوقود الحرارية هو الهواء اللازم لحرق هذا الوقود .

ويمكن أيضاً تقسيم المحركات من حيث نوع حركة أجزائها الى محركات ترددية ومحركات دورانيه ولو انه في النهاية تحوّل الحركة الترددية الى حركة دورانية في القسم الاول الا أن بهذا التقسيم يقصد الحركة التى تنشأ عن ضغط الوسيط الحراري . ولا توجد محركات دورانيه في الوقت الحاضر سوى الطوربين البخاري .

٥٢ ـ **اجزاء المحرك البخاري الترددي وكيف يشتغل** . جميع المحركات الترديه تشتغل على نظام واحد سواء كانت بخارية أو داخلية الاحتراق ولا تختلف الا في نظام إدخال الوسيط الحراري وفي تفاصيل اجزائها أي أن الاختلاف شكلى وليس أساسي أذ أن اساس هذه المحركات هو :

اولا ـ اندفاع سداده ذهابا وعودة داخل اسطوانه بقوة تأثير ضغط الوسيط الحراري

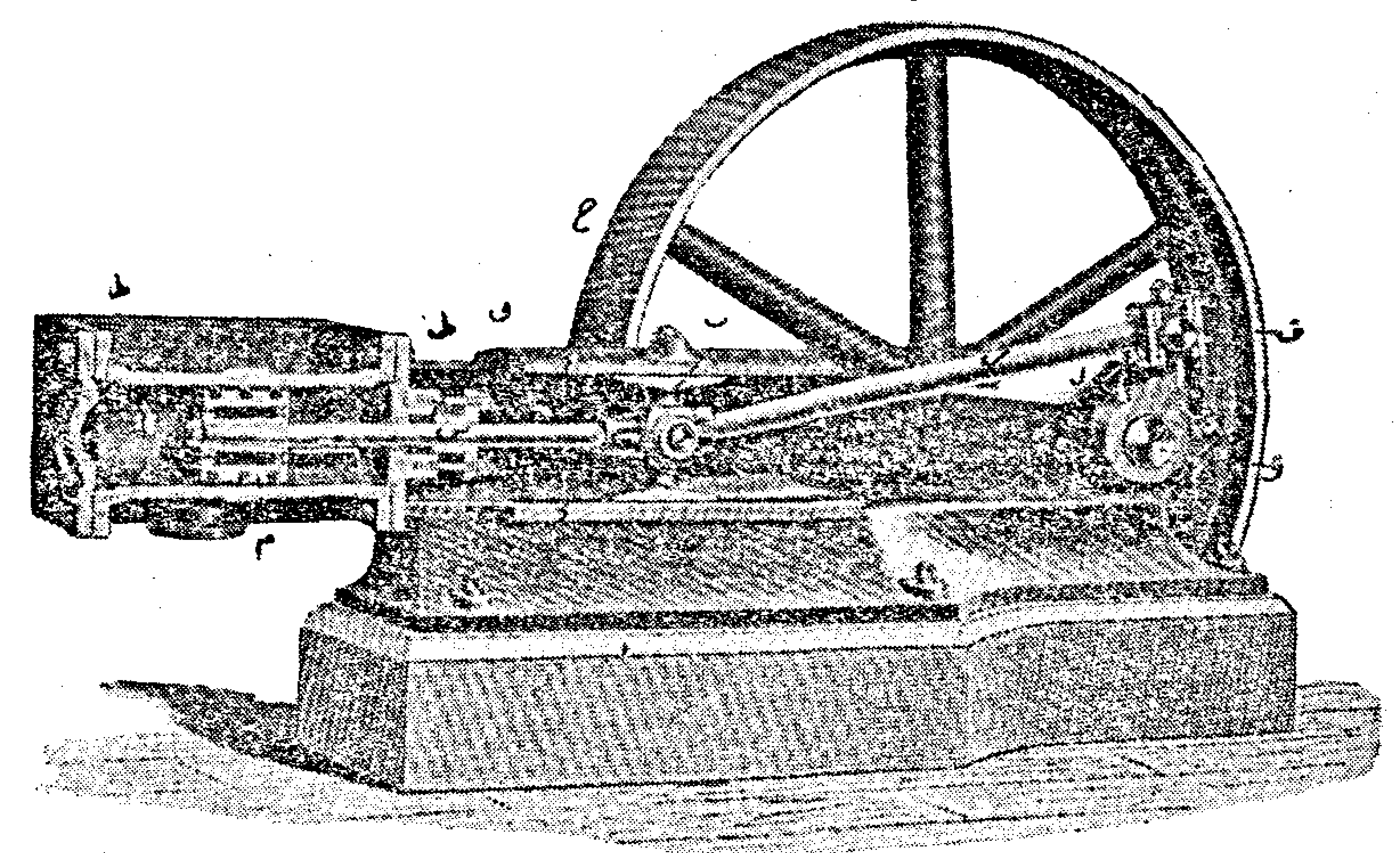
ثانيا ـ تحويل الحركه الترديه لهذه السداده الى حركة دائريه



شكل ٣٥ – قطاع أفقي لمحرك بخاري ترددي

وشـكلي ٣٥ و ٣٦ يبينـان قطاعا طوليـا وقطـاعا أفقيا لاحدى المحركات البخاريه الترددية الافقيه البسيطه وفيه مكبس (م) يتحرك داخل اسطوانه (ا) محكمه بغطائين (ط ط) وتنقل حركة المـكبس الى خارج الاسـطوانه بواسـطة

ساق المكبس (س) الذي ينفذ من الاسطوانه من خلال المزنقه (ن) التي تمنع رشح البخار من الاسطوانه وتتصل الطرف الخارجي لساق المكبس بقطعه (ب) تسمى الطربوش تنزلق بين دليلين (ى ى) وحركة الطربوش بين الدليلين هي نفس حركة المكبس داخل الاسطوانه وتحول حركة الطربوش الترددية الى حركة دائريه بواسطة ذراع التوصيل (ر) والمرفق (ف) المثبت بعامود الاداره (و)



شكل ٣٦ ـ قطاع رأسي لمحرك بخاري ترددي

الذي يدور في حاملين (ل) ويدور مع العامود حدافه (ع) . وينظم ايراد البخار الى الاسطوانه بواسطة صمام منزلق (ص) يتحرك بحركة ترددية في درج الصمام (ح) وحركة الصمام مستمدة من الاكسنتريك (ك) وذراع الاكسنتريك (ر) وساق الصمام (هـ) . وطريقة عمل المحرك تتلخص فيما يأتى : ـ

يرد البخار من المرجل عن طريق الصمام ومسلك البخار اليساري الى ناحية الاسطوانه اليسرى فيدفع المكبس الى الامام وعند نقطة معينة تسمى نقطة القطع يكون الصمام قد تحرك الى اليسار مايكفي لغلق حارة البخار اليسرى فيتمدد البخار المخزون في الاسطوانه مستمراً في دفع المكبس الى اليمين ولكن طبعا بقوى متضائله تدريجيا كما تتضاءل قوة دفع زمبلك مضغوط . وعندما يقرب المكبس من الوصول الى نهاية الاسطوانه اليمنى يحدث امران :

أولا ـ يتصل مسلك البخار اليساري بالخارج حيث يكون الضغط جويا فينصرف البخار من الجهه اليسرى الى الهواء

ثانيا ـ يتصل مسلك البخار اليميني بدرج الصمام حيث يرد البخار الحر من المرجل فيدخل الى الناحية اليمنى من المكبس ويدفعه الى اليسار

وبهذه الطريقه ينعكس سير المكبس وفي اثناء حركة المكبس الى اليسار يستمر انصراف البخار الذي على يسار المكبس الى الخارج بينما يرد بخارا حرا من المرجل حتى نقطة القطع وبذلك يتكرر في الجانب الايمن من الاسطوانة ما قد حدث في الجانب الايسر منها عندما كان يتحرك المكبس من اليسار الى اليمين . ويقال لمدى حركة المكبس المشوار أو الشوط وظاهر أن لفة كاملة لزر المرفق يقابلها شوطان للمكبس .

٥٣ ـ **أنواع المحركات البخارية الترددية** ـ يمكن تقسيم المحركات البخارية الترددية الى : ـ

أولا ـ من حيث الوضع الى رأسية وأفقية .

فالنوع الاول هو ماكان فيه مسار المكبس رأسياً والثانى أفقيا .

ثانياً ـ من حيث سرعة الدوران الى سريعة وبطيئة

فالنوع الاول هو ما كانت سرعة دوران عامود أدارته تزيد عن ٣٠٠ لفة في الدقيقة .

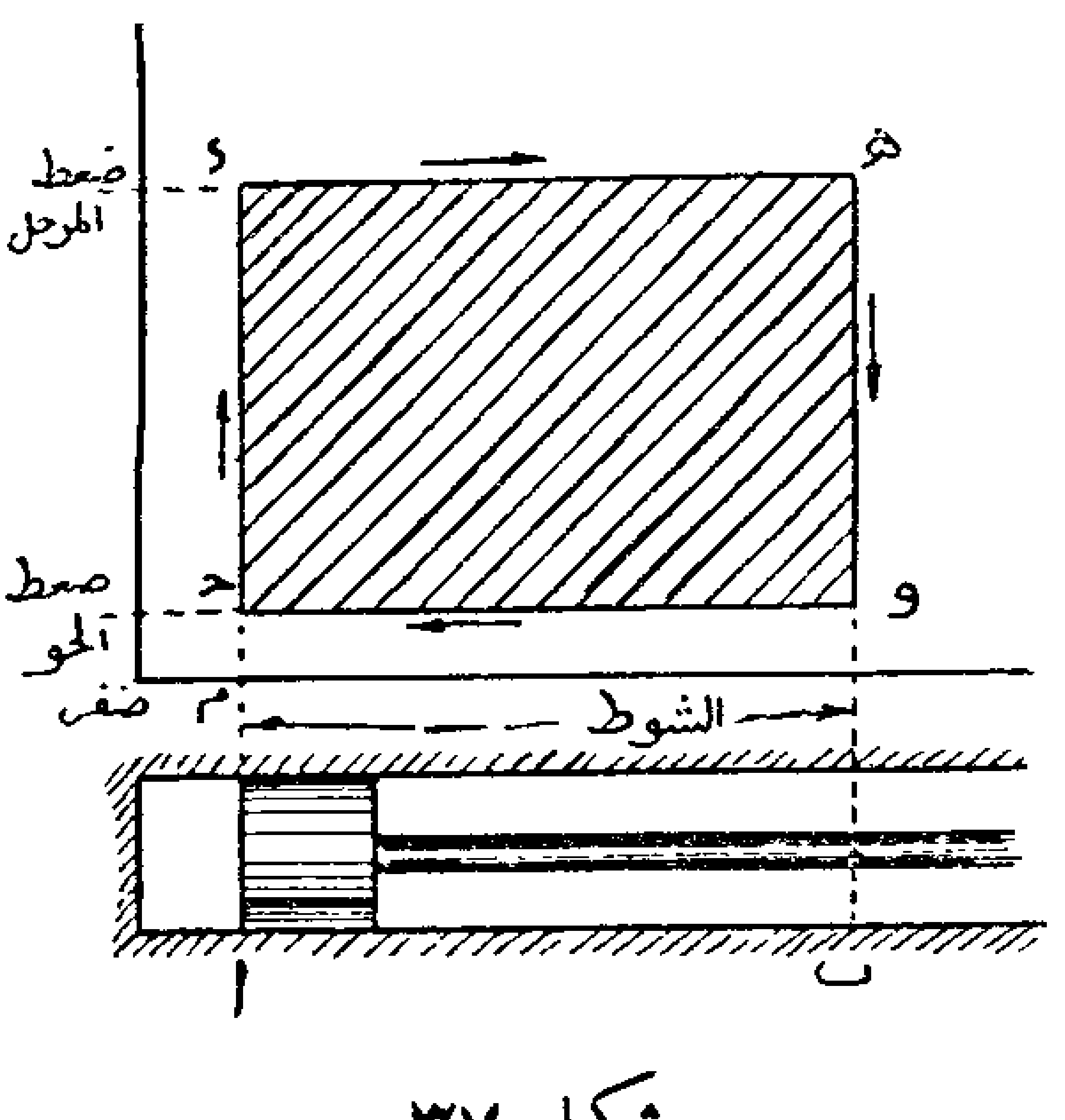
ثالثاً ـ من حيث أنصراف البخار بعد تأدية عمله داخل الاسطوانة الى محركات مكثفة ومحركات غير مكثفة .

فأذا أنصرف البخار بعد تحويل طاقته الحرارية الى شغل الى الهواء كان من النوع غير المكثف وأما اذا أصرف الى أناء يسمى المكثف حيث يتكاثف أما بخلطه بالماء البارد أو بملامسته لسطوح مواسير يجري فيها الماء البارد كان المحرك من النوع المكثف وسيأتي الكلام فيما بعد عن تأثير تكثيف البخار وأنواع المكثفات .

رابعاً ـ من حيث تعدد الاسطوانات التي يشتغل فيها البخار الى محركات بسيطة وهى المكونة من اسطوانة واحدة يدخل اليها البخار الحر ثم ينصرف الى الجو او الى المكثف بعد تأدية عمله . ومحركات مركبة وتتكون من اسطوانتين أو أكثر حيث يقسم تمدد البخار على اسطوانتين أو أكثر فينصرف البخار من الاسطوانة الاولى الى الثانية ثم الى الثالثة الخ . بالتتابع . ويسمى المحرك ذو الاسطوانتين مزدوج التمدد أو ثلاثي أو رباعي التمدد .

خامساً ـ من حيث تأثير ضغط البخار على المكبس الى محركات مفردة التأثير وفيها يؤثر ضغط البخار على وجه واحد من المكبس ومحركات مزدوجة التأثير حيث يؤثر البخار على كل من وجهي المكبس بالتتابع .

٥٤ ـ الشغل الذى يؤديه البخار فى اسطوانة المحرك وتمثيله غرافيا ـ



شكل ٣٧

أفرض أن رطلا من البخار أدخل في أسطوانة يتحرك فيها مكبس من ا الى ب ليكن الضغط جويا عند الوضع ا للمكبس وتمثل هذه الحالة في الرسم البياني بالنقطة ح حيث م ح = الضغط الجوي = ١ كيلو جراما على السنتيمتر المربع . فاذا فتحت قناة البخار الموصلة للاسطوانة ارتفع الضغط على وجه المكبس من ضغط جوي الى ضغط البخار الوارد من المرجل وتمثل زيادة الضغط هذه بالخط ح د في الغراف وينتج عن هذا الضغط أن المكبس يتحرك الى اليمين من ا الى ب وفي اثناء هذه الحركة يستمر ايراد البخار من المرجل أي أن الضغط على وجه المكبس يظل ثابتاً ويمثل الخط د ه هذه الحالة غرافياً ـ وعند نهاية شوط المكبس يفتح صمام العادم فينفذ البخار من الاسطوانة الى الهواء أي أن الضغط على وجه الاسطوانة ينخفض من ضغط بخار المرجل الى الضغط الجوي (من ه الى و في

الرسم البياني) وعند هذه النقطة يعود المكبس من ب الى ا فيدفع البخار العادم من الاسطوانة الى الخارج (و الى حـ في الرسم البياني) أي أن عند النقطة حـ تعود الحالة الى ما كانت عليها ويكون المكبس قد تحرك شوطين كاملين ذهابا وايابا وتكرر نفس الخطوات في شوطين تاليين فكل شوطين أذن يكونان دورة كاملة وفي أثناء كل دورة يكون البخار قد أدى شغلا ممثلا بمساحة المستطيل حـ ء هـ و . فاذا كان الضغط المطلق لبخار المرجل $ص_٢$ والضغط الجوي $ص_١$ مقدرا بالكيلو جرام على السنتيمتر المربع ومساحة وجه المكبس م سنتيمترا مربعاً

تكون القوة الدافعة للمكبس = ($ص_٢$ — $ص_١$) × م كيلو جراما

والشغل الذي أداه البخار في دفعة للمكبس اثناء الشوط الذي طوله ل مترا

= ($ص_٢$ — $ص_١$) × م × ل كيلو جرام مترا

وحيث أنه لا توجد قوة دافعة للمكبس أثناء شوط عودته لا يكون هناك اي شغل وبعبارة أخرى فالشغل المؤدي في شوطين أو دورة كاملة

= ($ص_٢$ — $ص_١$) × م × ل كيلو جرام مترا

= فرق الضغط على وجهي المكبس في مساحة المكبس في طول المشوار

ويسمى فرق الضغط هذا الضغط المتوسط الفعال وليكن ص

أي أن الشغل المؤدي في الدورة الواحدة = ص × م × ل

فاذا كان المحرك يدور بسرعة ن لفات في الدقيقة وحيث أن كل لفة يناظرها شوطان للمكبس أي دورة كاملة يكون هناك ن دورات في كل دقيقة اى ان الشغل المؤدي في الدقيقة الواحدة = ص × م × ل × ن كيلوجرام مترا وحيث أن الشغل الذي تؤديه قدرة مقدارها حصان واحد = ٧٥ كيلو جرام متراً في الثانية

$$\text{تكون قدرة المحرك بالحصان} = \frac{\text{ص} \times \text{م} \times \text{ل} \times \text{ن}}{٧٥ \times ٦٠} = \frac{\text{ص م ل ن}}{٤٥٠٠}$$

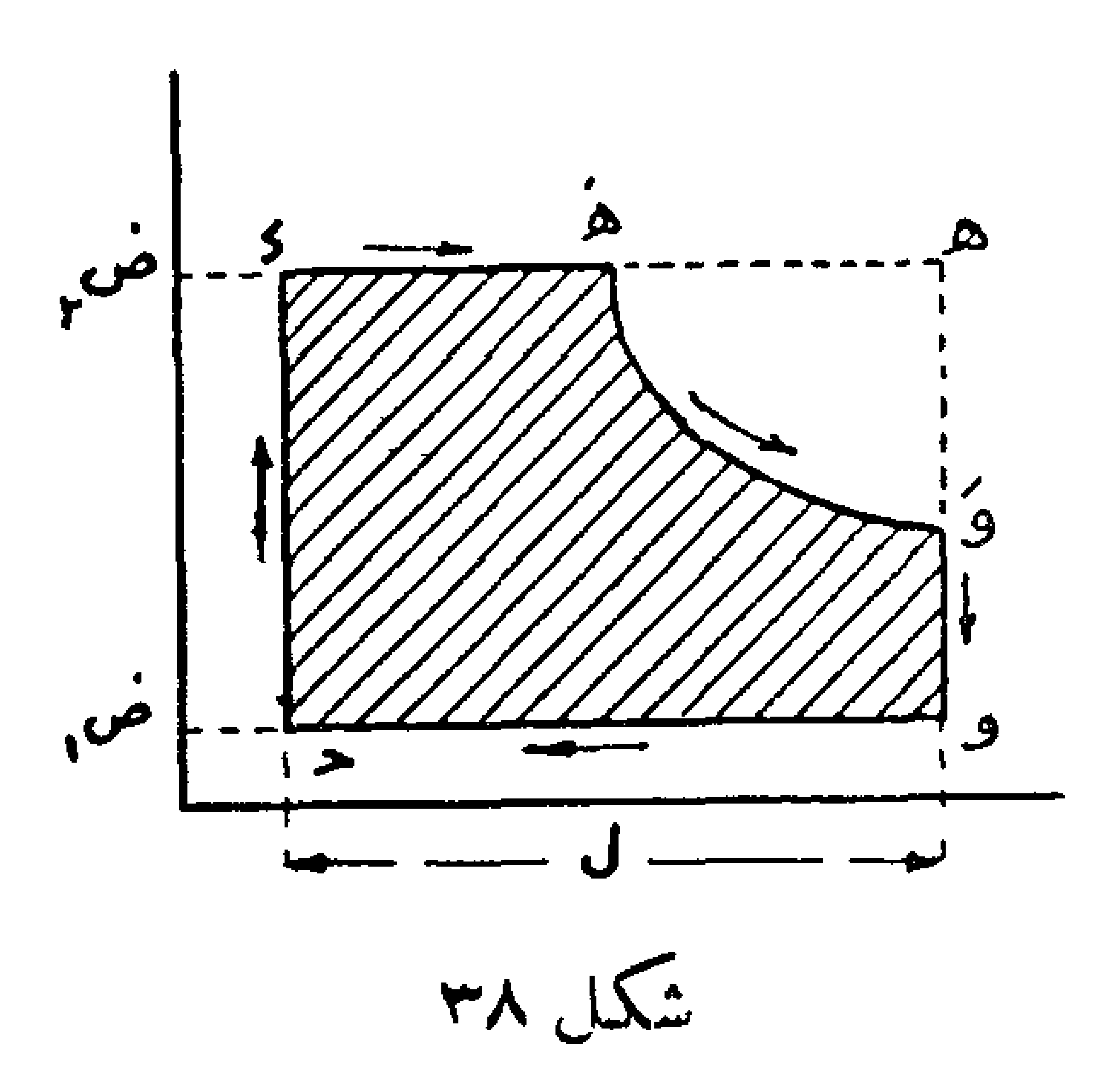
ويجب ملاحظة أن وحدات ص هى الكيلو جرام على السنتيمتر المربع

ووحدات م هى السنتيمتر المربع

« ل هى المتر

« ن لفة في الدقيقة

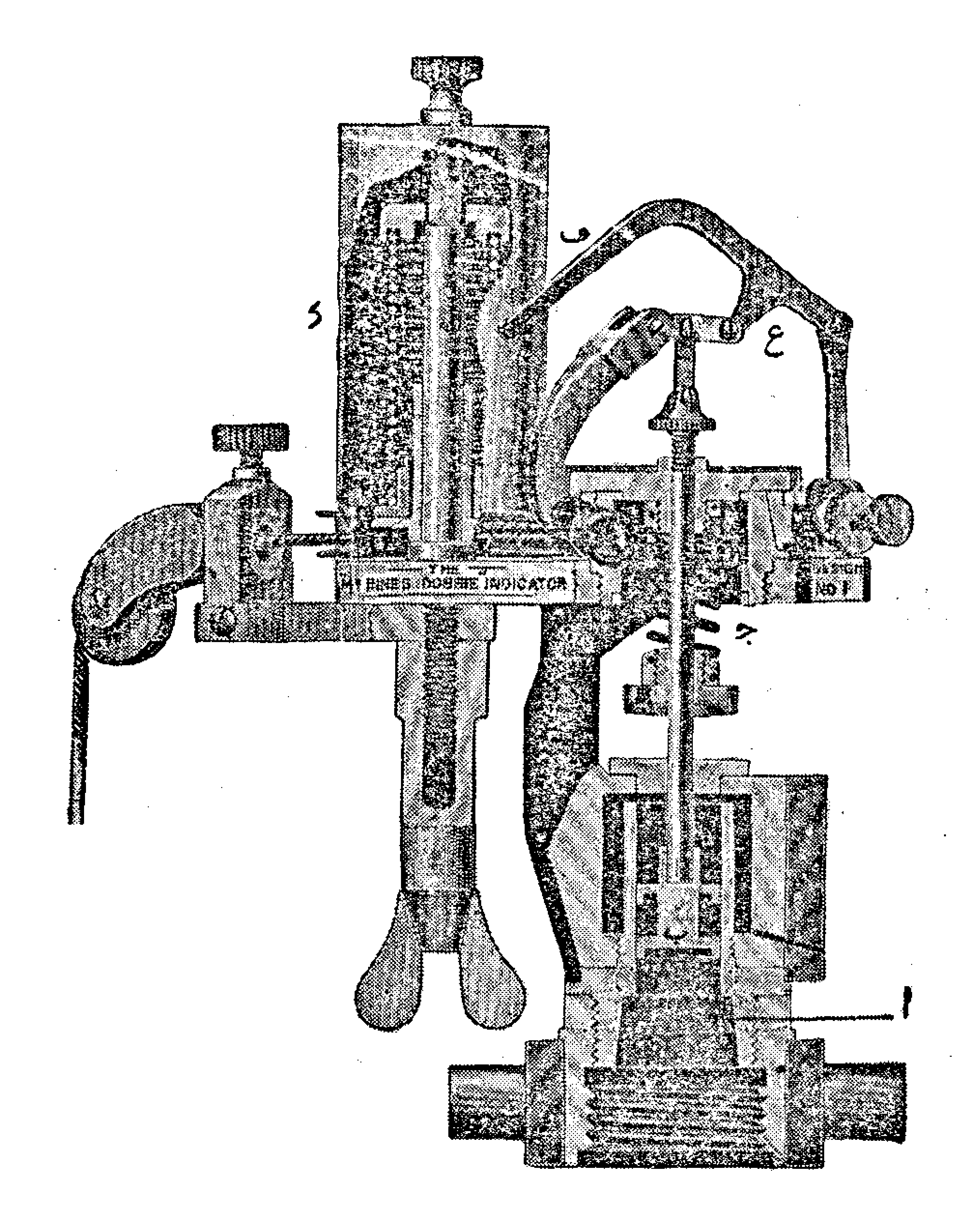
٥٥ ـ استعمال البخار تمدديا ـ يلاحظ في الدورة المشروحة في البند السابق أنه يستمر ايراد البخار أثناء شوط المكبس من أوله لآخره ثم يترك البخار لينفذ الى الهواء فى نهاية الشوط وفي ذلك ما فيه من فقد ظاهر . ولتجنب هذا الفقد يقطع ايراد البخار عندما يسير المكبس نسبة معينة من الشوط يتعلق مقدارها بضغط البخار وعوامل أخرى لا محل لذكرها هنا ـ ويترك البخار المحبوس داخل الاسطوانة ليتمدد دافعا المكبس بضغط متضائل الى آخر شوطه ويمثل تمدد البخارفي الرسم البياني بالمنحني هَ وَ شكل ٣٨ ويكون الشغل الذي أداه البخار داخل الاسطوانة مناسبا لمساحة الشكل حـ ى هَ وَ و وواضح أنه ولو أن هذا الشغل أقل من الشغل في حالة استمرار ايرادالبخار لآخر الشوط



شكل ٣٨

الا أن نسبة مقدار الشغل الى كمية البخار الواردة للاسطوانة اكبر بكثير في حالة استعماله تمدديا ومقدار الشغل المؤدي في الدورة الواحدة لا يزال مساويا لمتوسط الضغط الفعال مضروبا في مساحة المكبس في طول الشوط لانه اذا كانت ص رمزا لمتوسط الضغط الفعال تكون الكمية (ص ل) لا زالت مناسبة لمساحة الشكل البياني .

٥٦ ـ المبين ـ هو جهاز يركب في المحركات لرسم الشكل البياني الذي يبين العلاقة بين الضغط داخل الاسطوانة وموضع المكبس ـ ويتركب من اسطوانة (ا) (شكل ٣٩) ينفذ اليها البخار او الوسيط الحراري الذي يشتغل



شكل ٣٩ — المبين

داخل اسطوانة المحرك . ويؤثر على مكبس صغير (ب) فيحركه الى اعلا ضد ضغط الياي (ص) وحركة مكبس المبين تنقل مكبرة الى طرف الرافعة (ب) بواسطة التعشيقه المفصلية (ع) والغرض من هذه التشيفة المحافظة على استقامة حركة طرف الرافعه . وتوضع قطعة من الرصاص او مسمار رفيع من النحاس فى طرف الرافعة تتحرك على « كرت » ملفوف حول الاسطوانة (ى) وهذه الاسطوانة تهتز اهتزازات دورانية حول محورها بتأثير خيط ملفوف حول اسفلها ويستمد الخيط حركته من نقطة مناسبة في اي قطعة من القطع التي تتحرك ترددياً بحركة مناسبة لحركة مكبس المحرك . فالاهتزازات الافقية للاسطوانة (ى) أذن مناسبة لحركة المكبس والحركة الرأسية لطرف الرافعة مناسبة للضغط النوعي على المكبس

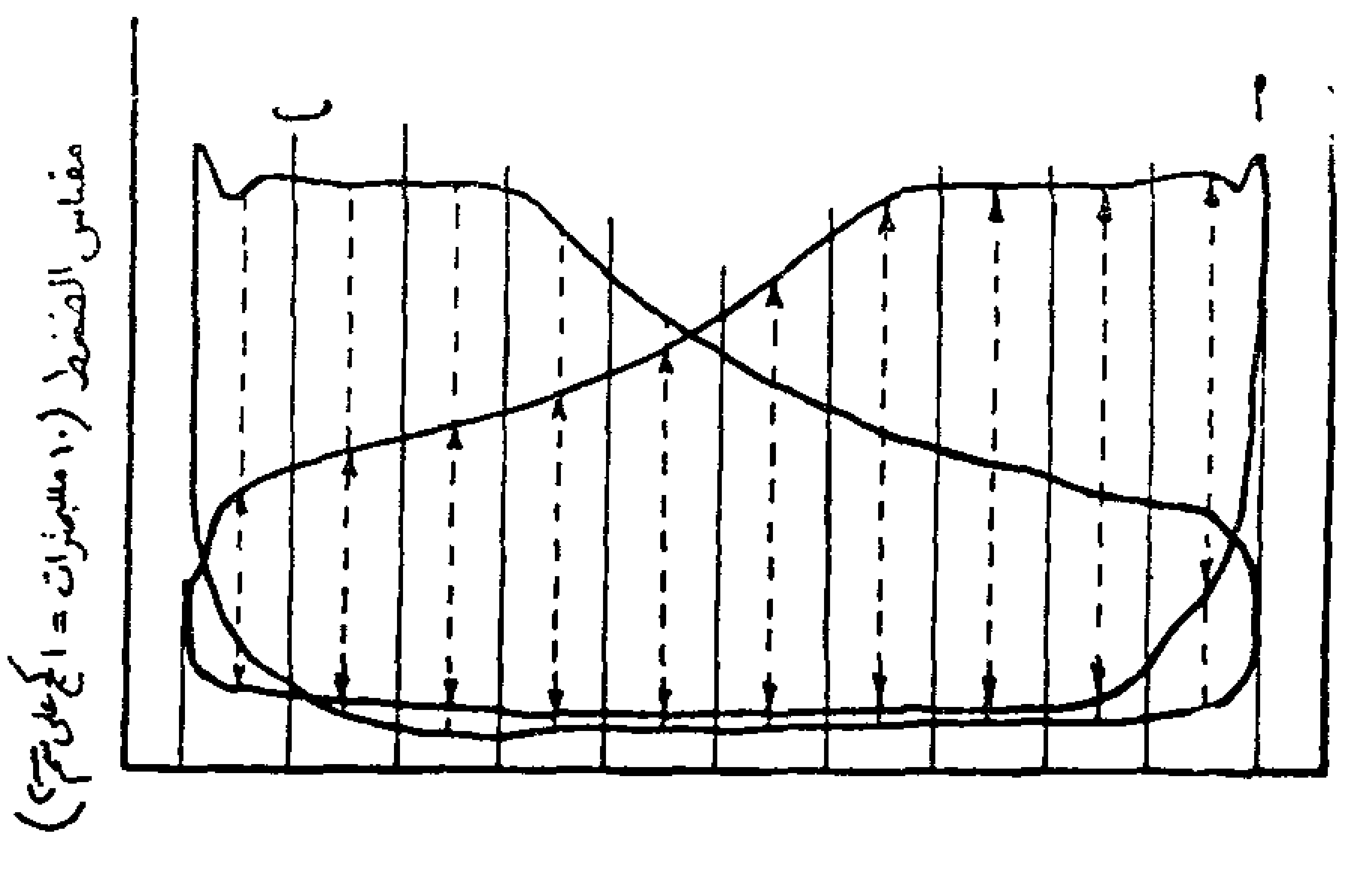
وبذلك تكون الاحداثيات الرأسية للشكل المرسوم على الكرت مناسبة للضغط بينما احداثياته الافقية مناسبة لحركة المكبس وحينئذ تكون مساحة الشكل البياني المرسوم مناسبة للشغل المؤدي داخل اسطوانة المحرك ويسمى هذا الشغل بالشغل البياني ويمكن استنتاج قدرة المحرك بواسطة كرت المبين بالمعاليم الآتية : —

مقياس رسم الضغط في الكرت ويكتب هذا المقياس عادة على الياي المستعمل في المبين .

قطر اسطوانة المحرك «ں»

طول شوط المكبس «ل»

سرعة الدوران «ں»



شكل ٤٠

وتسمى القدره المستنتجة على هذا النحو بالقدرة البيانية لانها مستخرجة من كرت المبين .

مثال : شكل ٤٠ هو كرت المبين المأخوذ من طرفي اسطوانة محرك بخاري مزدوج التأثير قطر أسطوانته ٢٥ سنتيمترا وطول مشوار مكبسه ٤٠ سنتيمترا وسرعة دورانه ٢٤٠ لفة في الدقيقة فأذا كان مقياس الضغوط في المبين هو ١٠ ملليمترات لكل كيلو جرام على السنتيمتر المربع أوجد القدرة البيانية للمحرك .

الحل : يلاحظ أن الكرت يحتوي على منحنيين بيانيين متشابهين أحدهما

مأخوذ من الطرف الايمن اذا كان المحرك افقيا أو الطرف العلوى اذا كان رأسيا والمنحنى الآخر مأخوذ من الطرف الآخر للاسطوانة .

أولا ـ تقاس مساحة كل من المنحنيين على حدة أما بواسطة البلانيمتر وهو جهاز خاص بقياس المساحات او بتقسيم المنحني الى عدة شقق متساوية وقياس الارتفاع المتوسط لكل شقة فتكون المساحة الكلية للمنحني تساوي مجموع مساحات الشقق اي مجموع الارتفاعات المتوسطة للشقق في عرض كل شقة .

ثانياً ـ تقسم المساحة على طول المنحني فيكون الناتج عبارة عن متوسط ارتفاع المنحني .

ثالثاً ـ يضرب متوسط الارتفاع فى مقياس الضغط والناتج عبارة عن الضغط المتوسط الفعال (ص) وبتتبع هذه الخطوات الثلاثة بالنسبة للكرت المبين بشكل ٤٠ وجدت المقادير الآتية : ـ

المنحنى	المساحة بالمليمتر المربع	الطول بالمليمتر	متوسط الارتفاع بالمليمتر	الضغط المتوسط الفعال بالكيلوجرام على السنتيمتر المربع
أ	٢٢٣٢	٧٨	٢٨,٦	٢,٨٦
ب	٢١٢٥	٧٨	٢٧,٣	٢,٧٣

وحيث ان القدرة البيانية للمحرك تساوي مجموع القدرة في كل من طرفي الاسطوانه .

∴ القدرة البيانية للمحرك $= \frac{\text{ص}_1 \times \text{م} \times \text{ل} \times \text{ن}}{٤٥٠٠} \times \frac{\text{ص}_2 \times \text{م} \times \text{ل} \times \text{ن}}{٤٥٠٠}$

$= \frac{\text{م ل}}{٤٥٠٠}$ (ص$_1$ × ص$_2$) × ن حصاناً

وحيث ان م و ل مقادير ثابته بالنسبة للمحرك تكون الكمية $\frac{\text{م ل}}{٤٥٠٠}$ ثابته

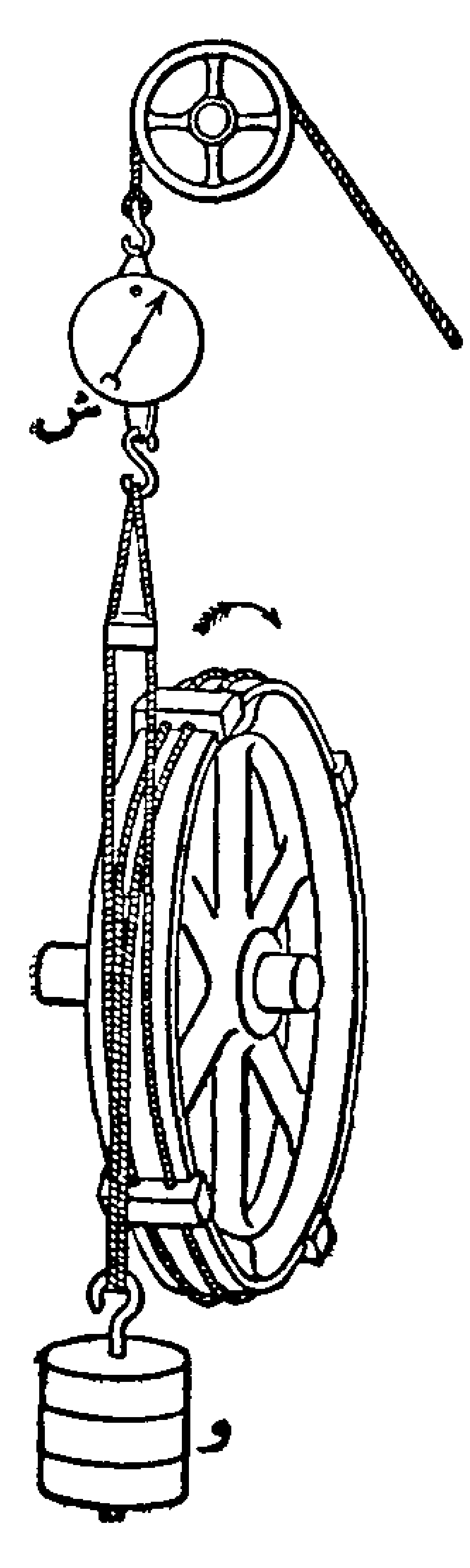
بالنسبة للمحرك الواحد وتساوي في المثال المذكور $\frac{\frac{ط}{٤} \times ٢٥ \times ٢٥ \times \frac{٤}{٢٠٠}}{٤٥٠٠}$

$= ٠,٠٤٣٦$

اي ان القدرة البيانية للمحرك $= ٠,٠٤٣٦ \; (ص_١ \times ص_١) \times ﻫ$

$= ٠,٠٤٣٦ \; (٢,٨٦ \times ٢,٧٣) \times ٢٤٠$

$= ٥٨,٥$ حصانا



شكل ٤١ — فرملة حبلية

٥٧ — **القدرة الفرملية وقياسها** — سبق الاشارة الى أن حركة المكبس الناشئة من ضغط البخار تنتقل الى عامود أدارة المحرك بواسطة ساق المكبس وذراع التوصيل والمرفق ويمكن بذلك الانتفاع بالحركة الدورانية لعامود الادارة وبديهي أن تكون القدرة المنتفع بها عند عامود الادارة أقل من القدرة المتولدة من ضغط البخار في اسطوانة المحرك بمقدار الفقد في احتكاك الاجزاء المتحركة . وتسمى قدرة المحرك عند عامود ادارته **القدرة الفرملية** وسميت فرملية لانها تقاس عمليا بجهاز يسمى الفرملة وتكون الفرملة البسيطة من حبل من القنب ملفوف على طارة المحرك المراد قياس قدرته ويربط أحد طرفي الحبل في ميزان ذي زمبلك ويعلق في الطرف الثاني كفة ميزان يوضع عليها أثقال

معلومة المقدار ويلف أكثر من حبل واحد على محيط طارة المحرك اذا كانت قدرته عظيمة وفي هذه الحالة تجمع أطراف الحبال وتربط في الميزان من جهة وفي الكفة من الجهة الاخرى . وتحفظ طيات الحبال على أبعاد ثابته من بعضها بواسطه كتل صغيرة من الخشب ذات شفتين .

ففي تجربة ما أذا كان الحمل المعلق فى الكفة مقداره « و » كيلو جراما وقراءة الميزان «س» كيلو جراما ونصف قطر الطنبور مضافا اليه نصف قطر الحبل «ں» مترا يكون

عزم المقاومة الاحتكاكية = (و — س) × ں

فاذا كانت سرعة دوران الطنبور « ں » لفات فى الدقيقة

تكون القدرة المفقودة في الاحتكاك أي القدرة الفرملية للمحرك =

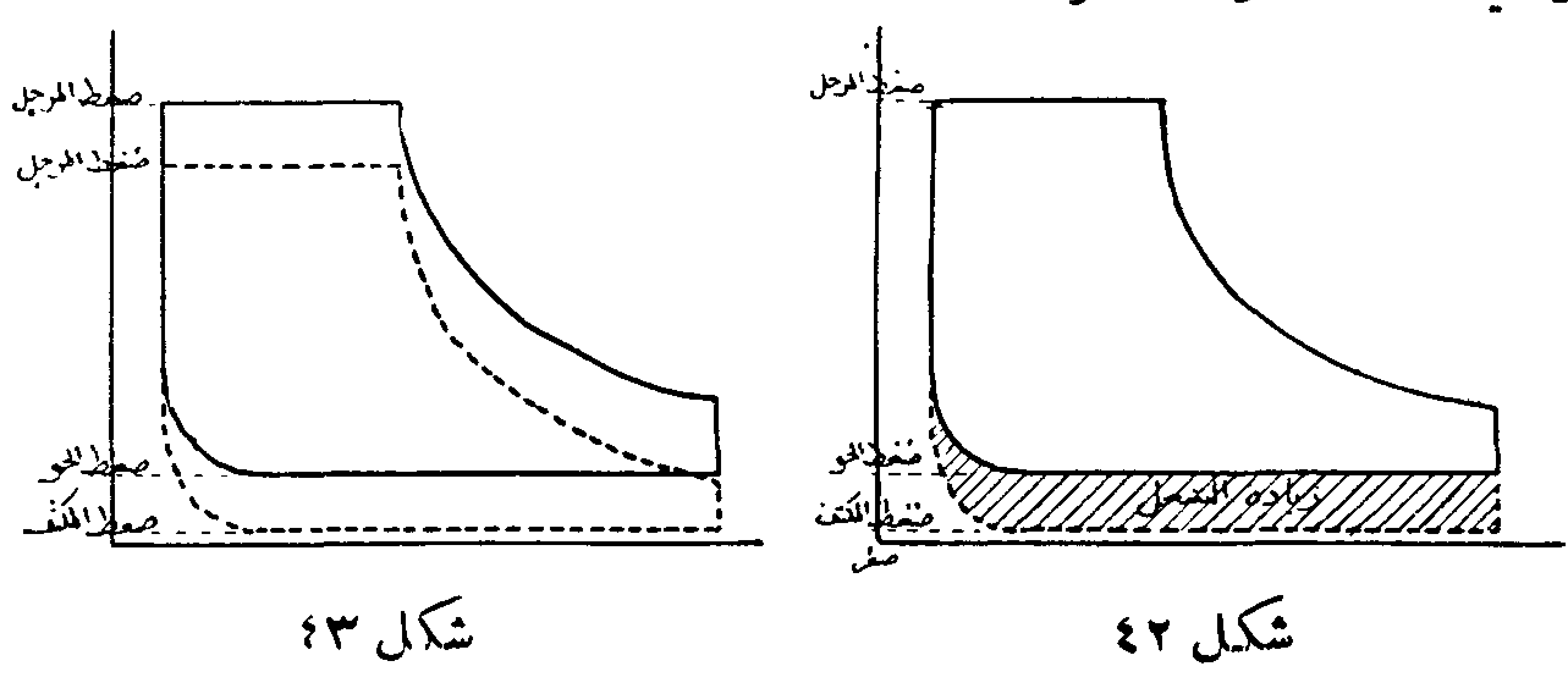
٢ ط ں × ں (و — س) كيلو جرام مترا في الدقيقة

أو $\frac{\text{٢ ط ں × ں (و — س)}}{\text{٤٥٠٠}}$ حصانا

والنسبة بين القدرة الفرملية والقدرة البيانية للمحرك هى الجودة الميكانيكية للمحرك وتختلف من ٧٥ ٪ الى ٩٠ ٪ .

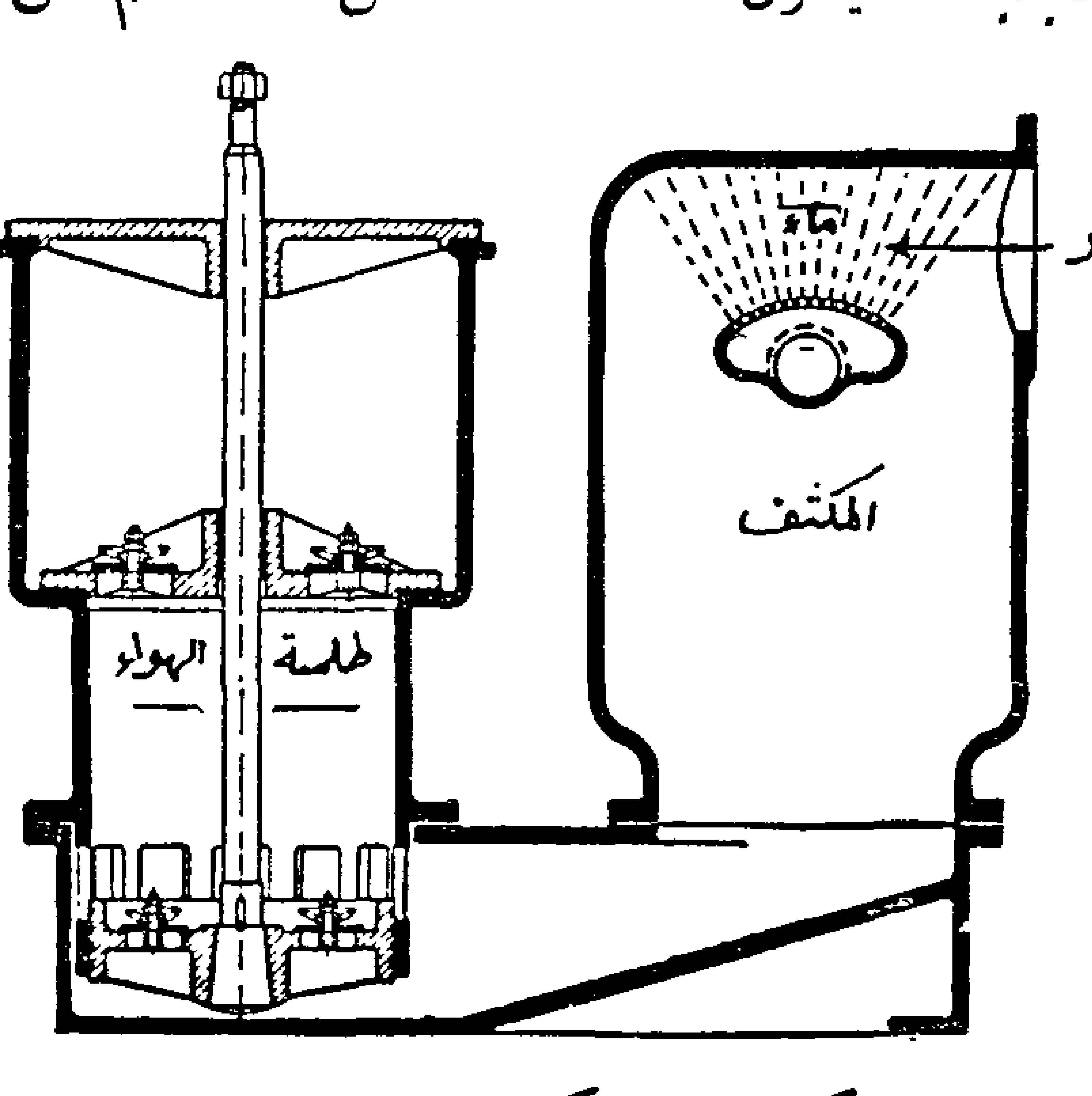
٥٨ ــ **المحركات المكثفة** ــ يقال للمحرك أنه من النوع المكثف عندما يكون أنصراف البخار منه الى أناء يتكثف فيه أما بخلطه بالماء البارد ويسمى حينئذ **مكثف بالانصباب** أو بملامسته للسطوح الخارجية لانابيب نحاسية رفيعة كثيرة العدد يخترقها الماء البارد ويسمى حينئذ **مكثف سطحى** وتأثير المكثف على المحرك هو تخفيض الضغط الخلفى على المكبس أذ بدلا من أن يكون مساويا للضغط الجوي الناشىء من انصراف البخار الى الهواء يكون الضغط الخلفي مساويا للضغط داخل المكثف الذي هو أقل من الضغط الجوى ويمكن وصوله الى ٠٫٠٣ كيلو جرام على السنتيمتر المربع ضغطا مطلقا أو أقل من الضغط الجوي بمقدار ٠٫٩٧ كج على السنتيمتر المربع وحيث أن القوة الدافعة للمكبس مناسبة للفرق بين

ضغط البخار على احد وجهي المكبس والضغط على الوجه الآخر فيكون تأثير تخفيض الضغط الخلفي زيادة فرق الضغط وبالتالي زيادة القوة الدافعة للمكبس ويترتب على ذلك زيادة قدرة المحرك . أذن يكون المحرك المكثف أكبر قدرة من غير المكثف مع تساوي الحجم وضغط البخار الوارد من المرجل أو اذا تساوت قدرة محركين متساويي الحجم فيمكن تشغيل المحرك المكثف ببخار أقل ضغطا من البخار الذي يشتغل في المحرك غير المكثف . ونرى من شكلي ٤٢ و ٤٣ تأثير المكثف على المنحنيات البيانية أولا . اذا تساوت الضغوط الابتدائية لبخار المرجل وثانياً — أذا تساوت القدرة .



شكل ٤٢ — شكل ٤٣

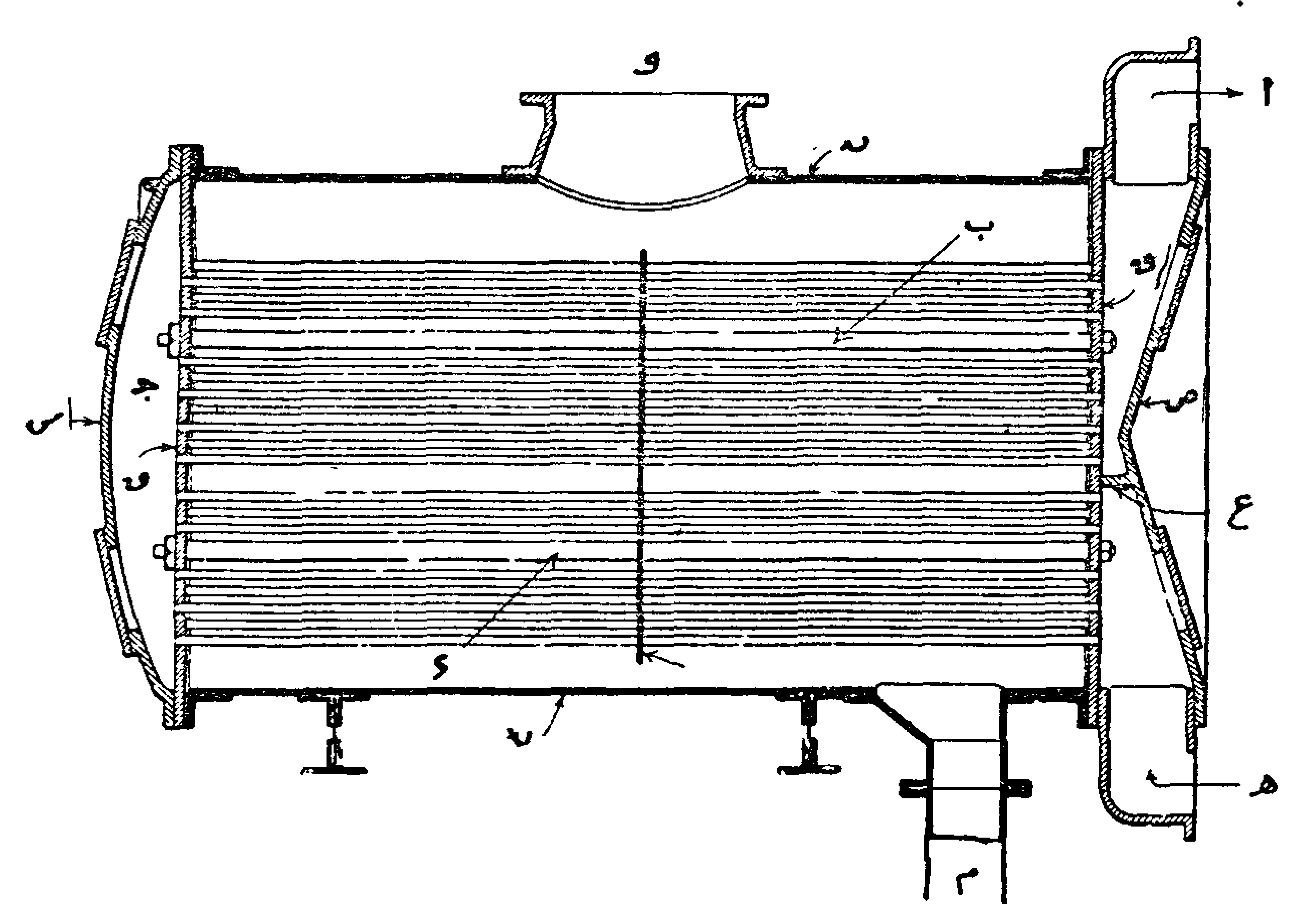
٥٩ — **المكثف بالانصباب** — يتكون هذا المكثف من اناء محكم من الزهر ينفذ اليه البخار العادم ويقابل رذاذا قويا من الماء البارد فيتكاثف — ويسقط ماء التكثيف والبخار المكثف الى اسفل المكثف حيث تمتصه طلمبة خاصة تسمى « طلمبة الهواء » وتقذفه للخارج وشكل ٤٤ يبين نوع بسيط من هذه المكثفات ومعه طلمبة الهواء



شكل ٤٤ — مكثف بالانصباب

التي يقوم بأدارتها تعشيقة مفصلية متصلة بالمحرك

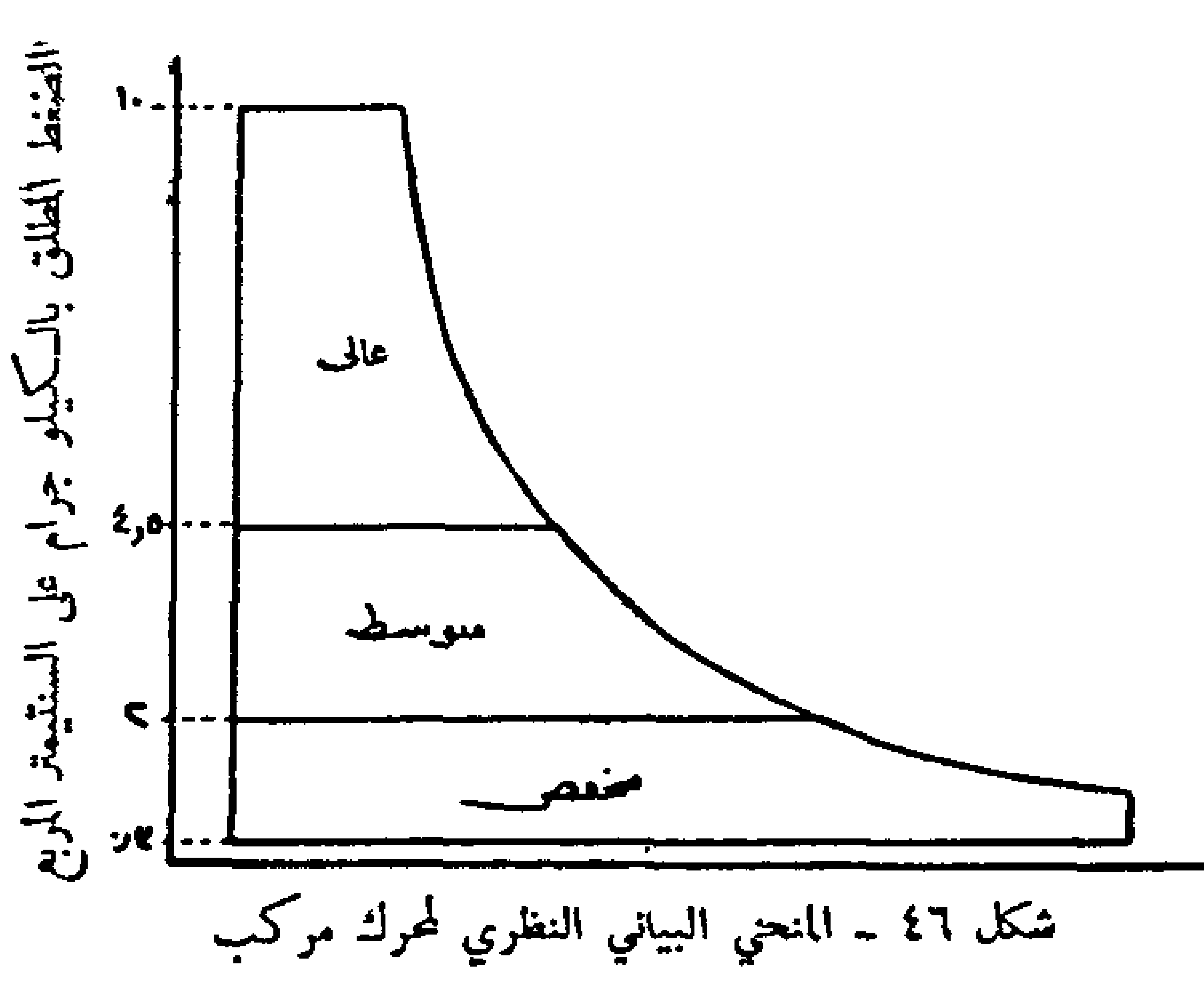
٦٠ – **المكثف السطحي** – في هذا النوع من المكثفات لا يختلط البخار العادم بماء التكثيف بل يجري الاخير في عدد عظيم من انابيب نحاسية ممتده بطول المكثف ويتخالل البخار العادم بين هذه الانابيب حتي يتكثف ويسقط الى أسفل المكثف حيث يستخرج بواسطة طلمبة الهواء . وشكل ٤٥ يبين احد أنواع المكثفات السطحية فيدخل ماء التكثيف من الفتحة (أ) ثم ينقسم الى تيارات صغيرة تمر من خلال النصف العلوي من الانابيب (ب) ثم يتجمع في الحيز الخلفي (حـ) ويعود من خلال النصف الاسفل من الانابيب (ى) ثم يخرج من الفتحة (هـ) . ويؤخذ ماء البخار المكثف من الفتحة (م) بواسطة طلمبة ماصة .



شكل ٤٥ – مكثف سطحي

أ – مدخل ماء التكثيف　هـ – مخرج ماء التكثيف　س – الغطاء الخلفي
ب – الانابيب العلوية　و – مدخل البخار العادم　ص – الغطاء الامامي
حـ – الحيز الخلفي للماء　م – مخرج البخار المكثف　ع – حاجز
ى – الانابيب السفلى　ن – غلاف المكثف　ق – لوحي الانابيب

٦١ ـ **المحركات المركبة** ـ برهنت التجارب على أن زيادة ضغط البخار الوارد للمحرك يصحبها تحسين في جودة المحرك ولذا كان تقدم صناعة المحركات البخارية ومراجلها نحو زيادة الضغط فقد كان ضغط البخار في اول اختراع المحرك لا يزيد عن الضغط الجوي كثيرا والآن أصبحت ٣٠ كج على السنتيمتر المربع من الضغوط المعتادة ولا تزال الابحاث جارية على ضغوط تبلغ المائة كيلو جراما ولا يبعد أن تكون هذه هي ضغوط البخار الشائعة الاستعمال في المستقبل القريب . ولما كانت زيادة الضغط يجب أن يصحبها زيادة في مدى تمدد البخار في المحرك وكان من الصعب تمدد هذا البخار في اسطوانة واحدة ليس فقط لأن ذلك يستلزم طولا عظيما في شوط المكبس وما يصحب ذلك من كبر حجم المحرك مما لا يتفق والاقتصاد في تكاليف صنع المحرك بل ايضاً لان التمدد الكبير المدى داخل اسطوانة واحدة ينشأ عنه نقص عظيم في الجودة الحرارية للمحرك . لهذه الاعتبارات يقسم تمدد البخار على اسطوانتين او اكثر حسب ضغط البخار الوارد فاذا اريد مثلا ان يكون تمدد البخار من ضغط مطلق قدره ١٠ كيلو جرامات على السنتيمتر المربع (ضغط المرجل) الى ٠,٨٠ كج على السنتيمتر المربع (ضغط انصراف البخار الى المكثف) فعوضا عن ان يتمدد البخار داخل اسطوانة واحدة كما هو مبين غرافياً بالمنحني البياني ا ب حـ ى هـ شكل ٤٦ يقسم التمدد على ثلاثة اسطوانات مثلا بحيث يكون الشغل الذي يؤديه البخار في كل منها مساويا لثلث الشغل الكلي لو تمدد البخار في اسطوانة واحدة اي يقسم المنحني البياني الى ثلاثة مساحات متساوية بقدر الامكان بخطوط افقية تحدد مدى التمدد في كل من الثلاثة اسطوانات فمثلا



شكل ٤٦ ـ المنحني البياني النظري لمحرك مركب

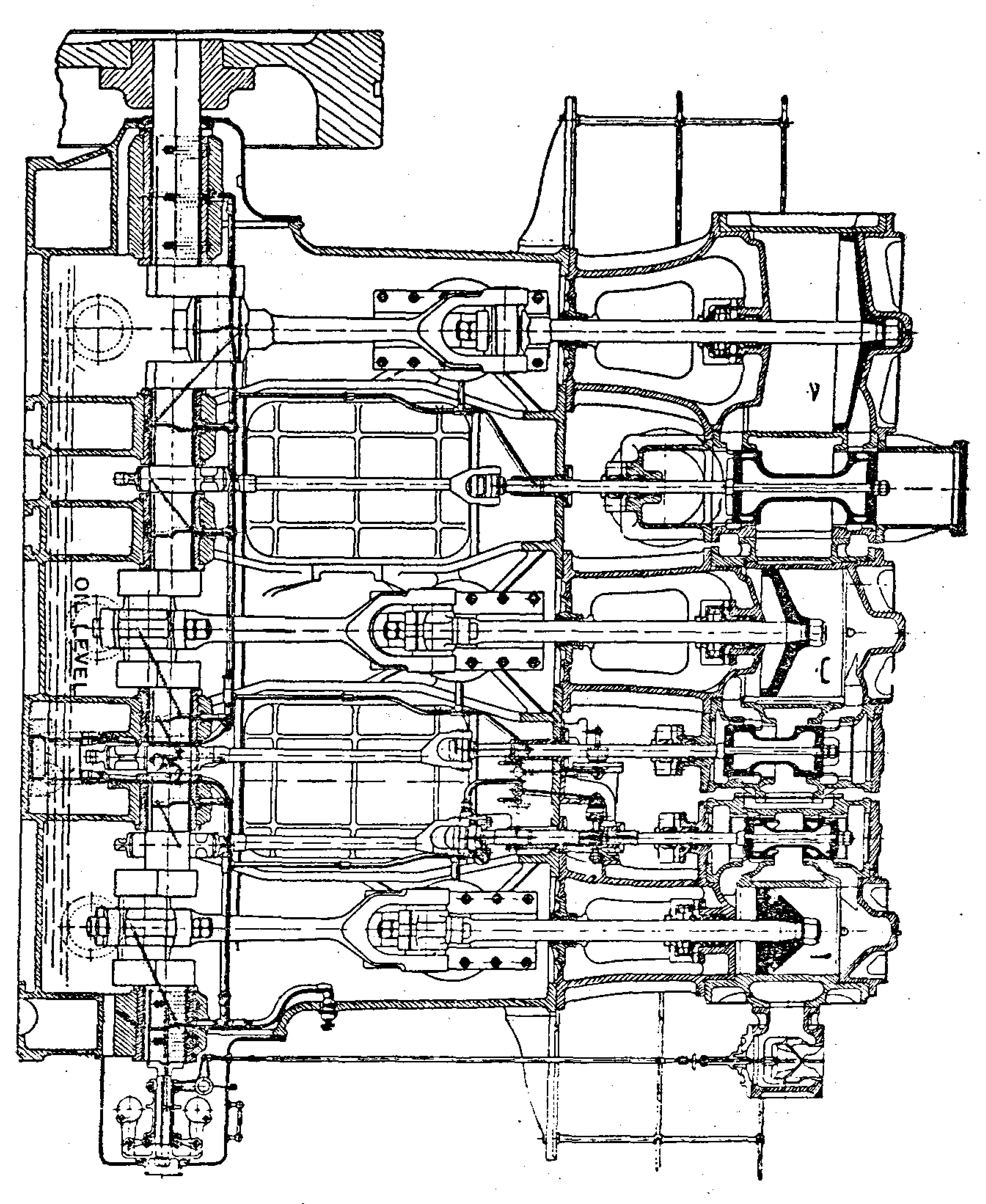
بتمدد البخار من ضغط المرجل الى ضغط مقداره اربعة كيلو جرامات على السنتيمتر المربع في الاسطوانة الاولى ثم من اربعة كيلو جرامات الى ١,٥ كج في الاسطوانة الثانية ومن هذا الضغط الى ٠,٨ في الثالثة وتسمى الاسطوانة الاولى بأسطوانة الضغط العالى والثانية اسطوانة الضغط المتوسط والثالثة اسطوانة المنخفض وحيث انه بأنخفاض ضغط البخار يزيد حجمه النوعي فليس من الصعب الاستدلال على ان سعة الاسطوانات تتزايد بأطراد من اسطوانة الضغط العالى الى اسطوانة الضغط المنخفض وحيث ان المعتاد ان تشتغل جميع الاسطوانات على عامود ادارة واحد ذات مرافق متساوية الطول اي ان كل الاسطوانات متساوية الاشواط فيترتب على زيادة السعة زيادة الاقطار الداخلية للاسطوانات .

شكل ٤٧ يبين قطاعا راسيا في محرك بخارى ثلاثى التمدد وضعت فيه الثلاثة اسطوانات بمحاذاة بعضها وبترتيب ضغوط البخار فيها وتشتغل على ثلاثة مرافق متساوية في عامود ادارة واحد وليس هذا المثال سوى احد الطرق العديدة لترتيب ووضع الاسطوانات .

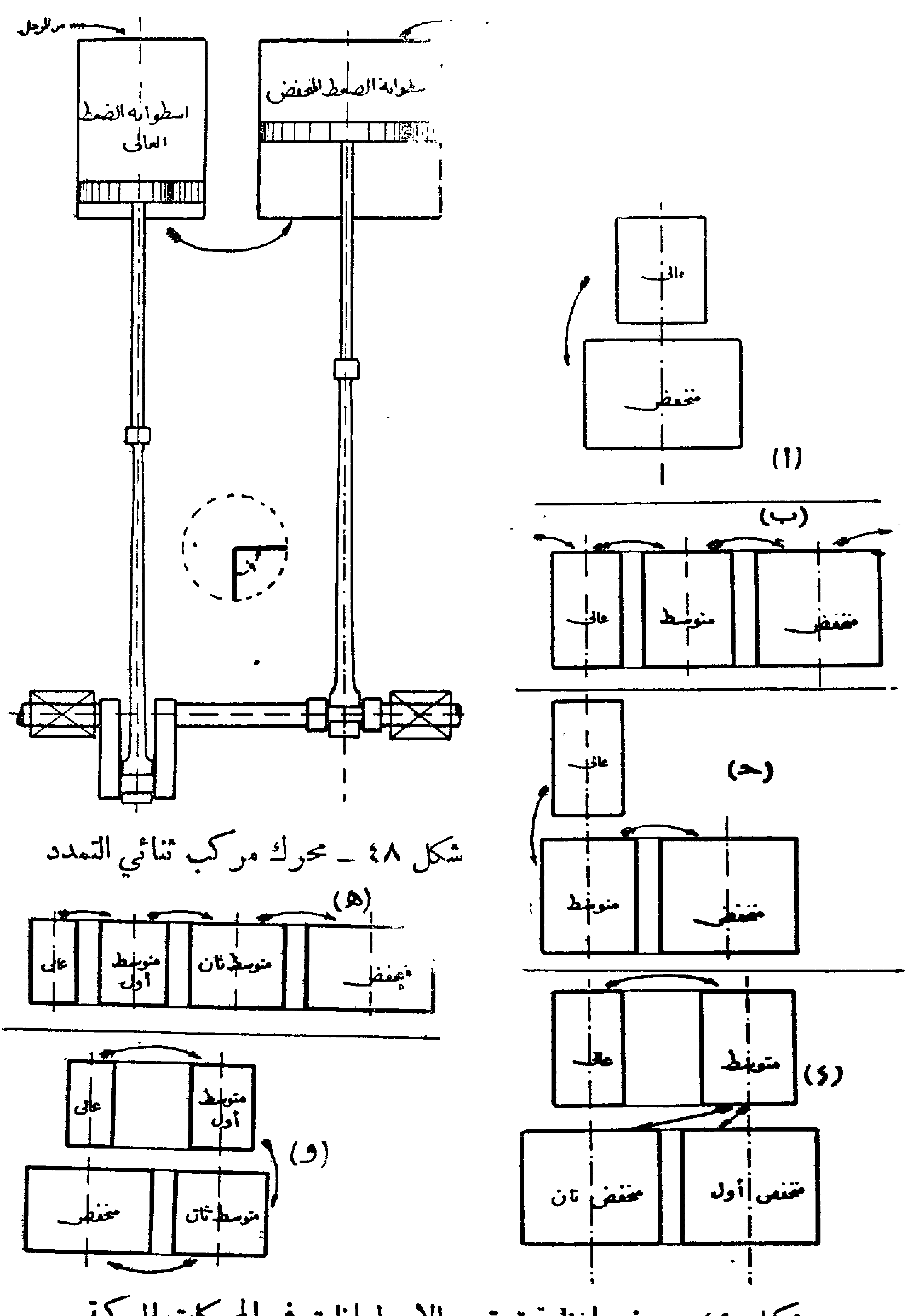
٦٢ ـ **أنواع المحركات المركبة** ـ يمكن تقسيم المحركات المركبة الى ثلاثة أقسام : ـ

(ا) ـ ثنائية التمدد (ب) ثلاثية التمدد (حـ) رباعية التمدد وليس هناك فائدة من زيادة تقسيم التمدد الى أكثر من أربعة أقسام

والشكلان ٤٨ و ٤٩ يبينان بعض الانظمة العديدة لوضع وترتيب الاسطوانات.



شكل ٤٧ ـ محرك بخاري ترددي ثلاثي التمدد ذو ثلاثة أسطوانات بمحاذاة بعضها



شكل ٤٨ ـ محرك مركب ثنائي التمدد

شكل ٤٩ ـ بعض انظمة ترتيب الاسطوانات في المحركات المركبة

أ ـ ثنائي تاندم
ب ـ ثلاثي
حـ ـ ثلاثي نصف تاندم
ى ـ ثلاثي تا ندم
هـ ـ رباعي
و ـ رباعي تاندم

تمرينات

١ ـ المطلوب ايجاد القدره البيانيه لمحرك بخاري مزدوج التأثير قطر اسطوانته ٤٠ سنتيمترا وطول الشوط ٦٠ سنتيمترا وسرعته ٧٠ لفه في الدقيقه اذا كان متوسط الضغط الفعال على كل من وجهي المكبس ٢ كيلو جرام على السنتيمتر المربع.

٢ ـ ماقطر أسطوانة المحرك البخاري المزدوج التأثير الذي قدرته البيانيه ٥٠ حصانا وطول شوطه ١٢٠ سنتيمترا وسرعته ٤٠ لفة في الدقيقه ومتوسط الضغط الفعال للبخار ٢ كج على السنتيمتر المربع .

٣ ـ بخار ضغطه الابتدائي المطلق ٥ كج على السنتيمتر المربع أستعمل في محركين أحدهما مكثف والآخر بدون مكثف ثم قطع البخار في المحرك الاول في ½ الشوط وكان الضغط الخلفى المطلق ٠,٢ كج على السنتيمتر المربع وفي المحرك الاخر قطع البخار في ¼ الشوط وكان الضغط الخلفي ١,٢ كج على السنتيمتر المربع فبفرض أن اسطوانتي المحركين متساويتان في القطر وطول الشوط ـ ارسم منحني المبين النظري في كلتا الحالتين وقارن بين الشغل النسبي الذى يعمل ووزن البخار المستعمل في الحالتين .

٤ ـ اذا كان الارتفاع المتوسط لمنحني مبين ٤٠ مليمترا والمقياس ١٠ مليمترات للكيلو جرام على السنتيمتر المربع وقطر المكبس ٣٠ سنتيمترا وسرعة المحرك ١١٠ لفات في الدقيقة . أوجد القدرة البيانيه للمحرك بالحصان .

٥ ـ محرك بخاري مركب ثنائى التمدد قطر أسطوانة الضغط العالى ٢١ بوصه وقطر اسطوانة الضغط المنخفض ٣٦ بوصه وطول الشوط في كلا الاسطوانتين ثلاثة اقدام وقطر ساق المكبس في كلا الحالتين ٤,٥ بوصة فاذا وجد بالتجربة أن متوسط الضغط الفعال على كل من ناحيتي المكبس هو ٤١,٥ رطل على البوصة المربعه في اسطوانة الضغط العالى و ١٢,١٤ رطل على البوصة المربعه في اسطوانة الضغط المنخفض وسرعة المحرك ١٠٠,٦ لفة في الدقيقه . أوجد القدره البيانيه للمحرك .

٦ ـ محرك مركب ثلاثي التمدد ذو ثلاثة اسطوانات أخذت منه البيانات الآتية في تجربة ما :

	اسطوانة الضغط العالى	اسطوانة الضغط المتوسط	اسطوانة الضغط المنخفض
القطر الداخلى	١٦	٢٢	٤١ بوصه
طول الشوط	٢٧	٢٧	٢٧ »
مساحة منحني المبين	٣,٨٥	٤,٣	٤,٦٢ بوصة مربعه
طول المنحني	٤,٤٥	٤,٤	٤,٤٥ بوصه
مقياس المبين	٨٠	٣٢	١٢ رطلا على البوصه المربعه لكل بوصه

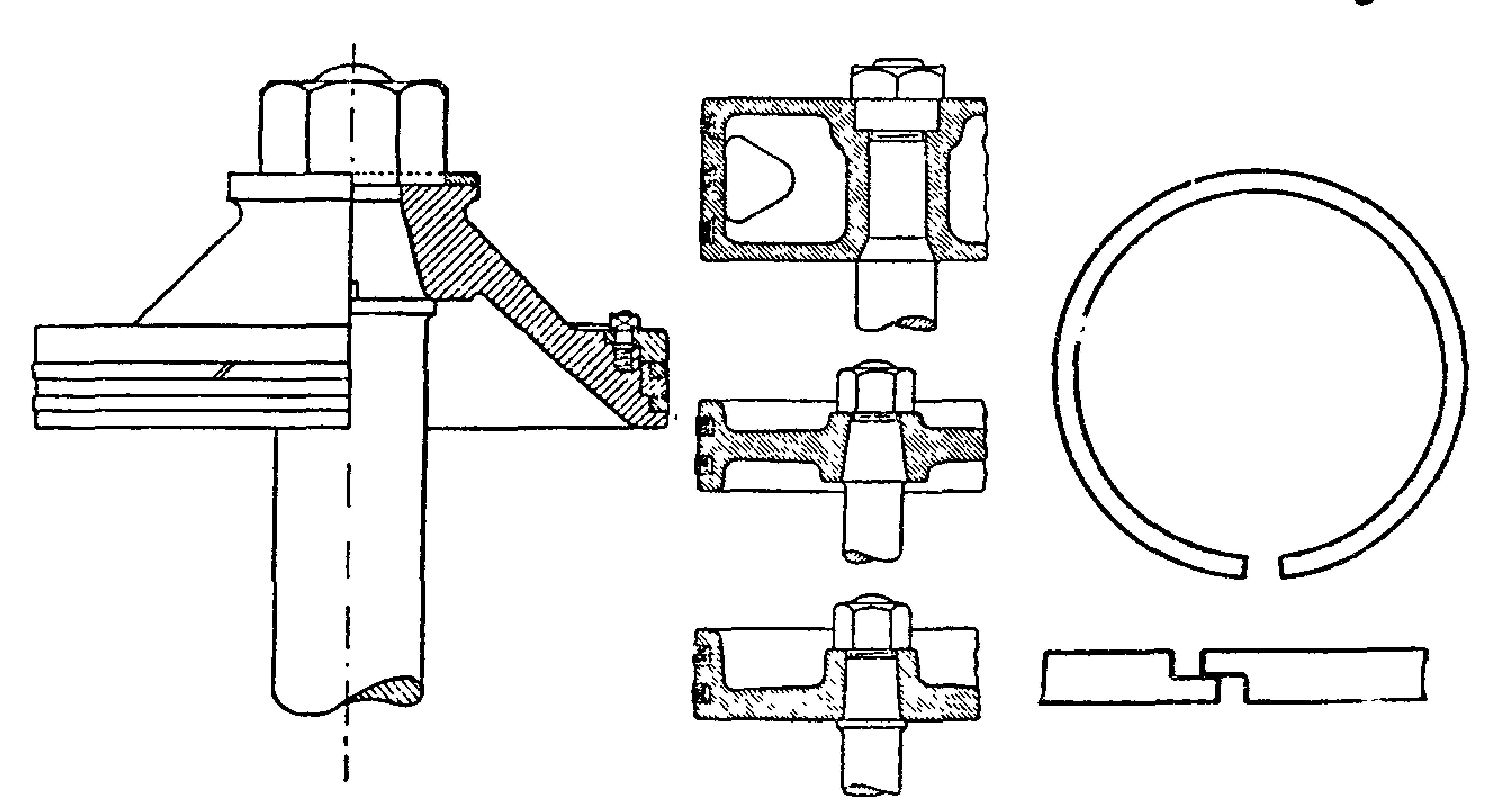
فاذا كان المحرك مزدوج التـأثير وسرعته ١٨٠ لفة في الدقيقه أوجد قدرته البيانيه بالحصان . ثم بفرض ان الجوده الآلية للمحرك ٨٥ ٪ . اوجد القـدرة الفرملية للمحرك بالحصان .

الفصل الخامس

تفاصيل المحرك البخارى الترددى

٦٣ ـ **المكبس** ـ يجب أن يتوفر في هذا العضو من المحرك شرطان أساسيان .

ا ـ أن يكون من المتانة بحيث يمكنه نقل قوة دفع البخار الى باقى الاجزاء المتحركة .



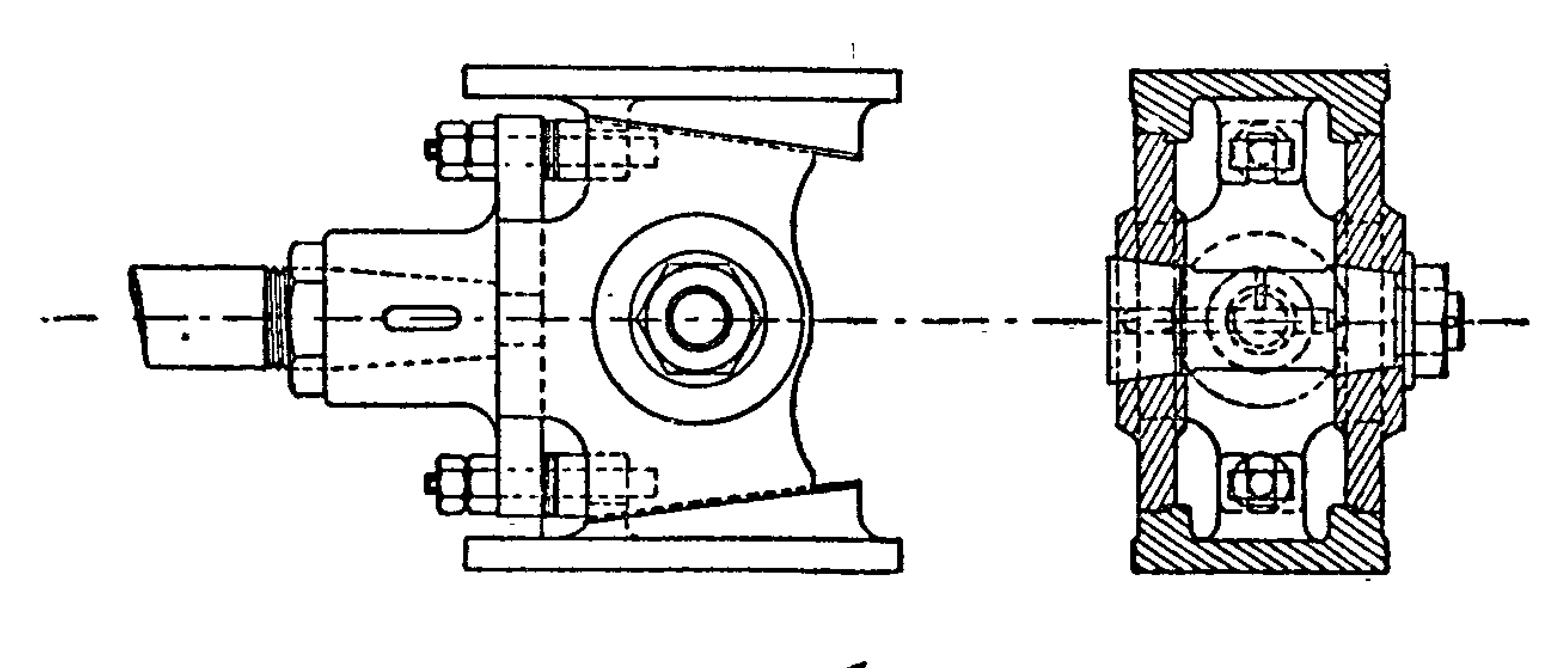
شكل ٥١ ـ شنبر المكبس　　　شكل ٥٠ ـ بعض أشكال المكبس

ب ـ أن يكون محكما في الاسطوانة بحيث لا ينفذ البخار من احد جانبي الاسطوانة للآخر بدون أن يترتب على ذلك مقاومة احتكاكية كبيرة . وتصنع المكابس بوجه عام من حديد الزهر المتقارب الحبيبات على أشكال عديدة يظهر منها أربعة أمثلة في شكل ٥٠ ويتصل الساق بالمكبس أتصالا متيناً بأن يكون طرفه مسلوبا بدرجة خفيفة حتى أذا شد الرباط على الصامولة أنحشر طرف الساق داخل الثقب المعد له في المكبس وكان من الصعب أخراجه .

وقد وجد أن انجع الوسائل لاحكام المكبس داخل الاسطوانة بحيث يمنع رشح البخار أن تركب شنابر من الزهر على شكل حلقات مفتوحة فى فتحات مخروطة على محيط المكبس شكل ٥١ وتصنع هذه الشنابر من الزهر الطري بحيث يكون قطرها الطبيعي أكبر قليلا من قطر الاسطوانة حتى اذا ما ركبت على المكبس وأدخل المكبس في الاسطوانة انضغطت الى قطر الاسطوانة وكان بين الشنابر وسطح الاسطوانة ضغطا كافيا لمنع رشح البخار بدون أن يترتب على ذلك مقاومة احتكاكية كبيرة أثناء حركة المكبس .

وتصنع المكابس أحيانا على شكل مخروطي لزيادة تحمل هذا الشكل للضغط الواقع عليه في أتجاه محور المخروط كما أنه يمكن حينئذ عمل هذه المكابس أما من الصلب المصبوب أو الصلب الطري .

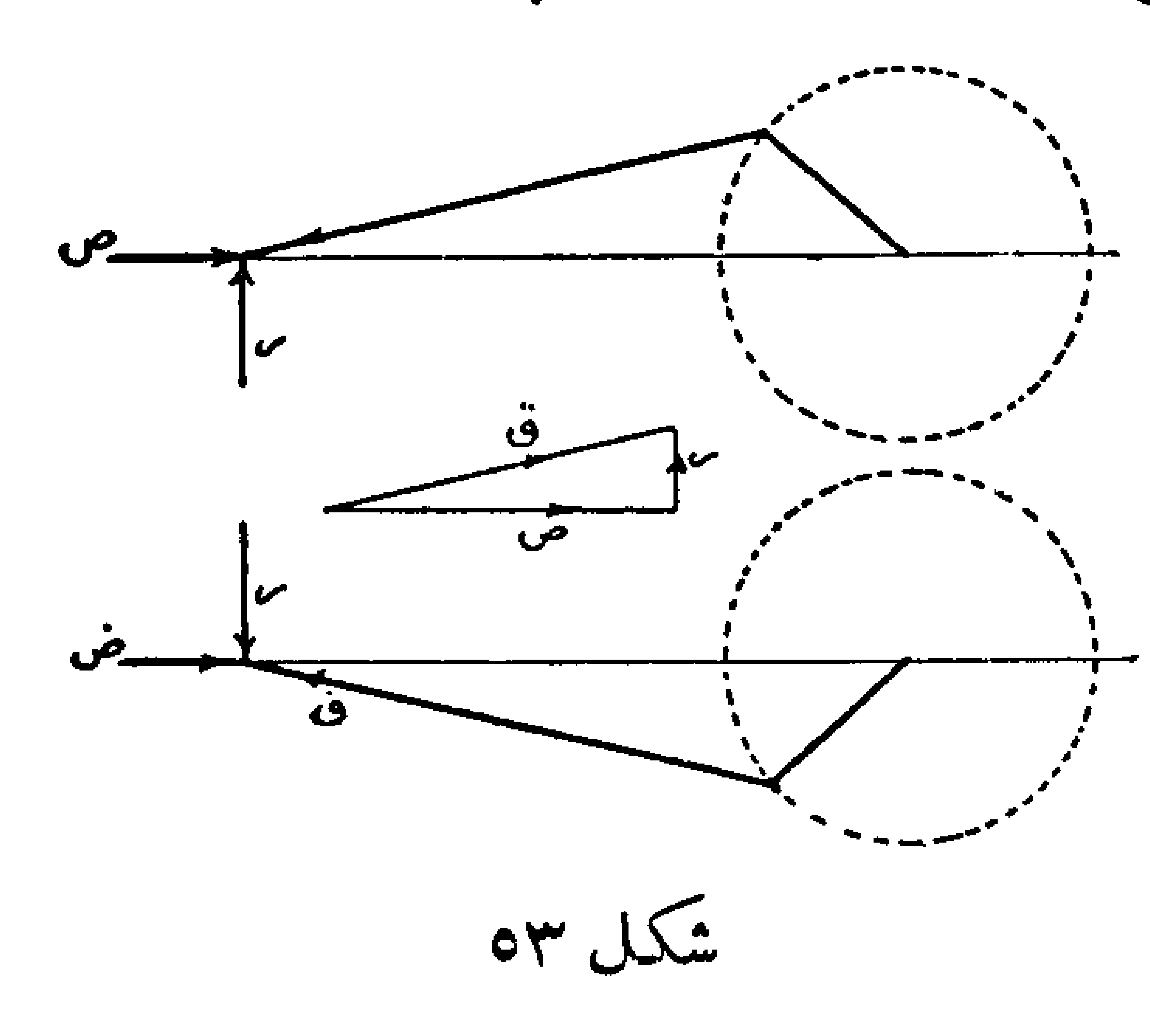
٦٤ ــ الطربوش ــ تؤدي هذه القطعة ثلاث وظائف فهى تكون أتصال نهاية ساق المكبس بذراع التوصيل كما أنها تمكن ذراع التوصيل من حركته المفصليه عند هذه النقطة وثالثاً تكون بمثابة دليل لحركة الساق الترددية في خط مستقيم .



شكل ٥٢

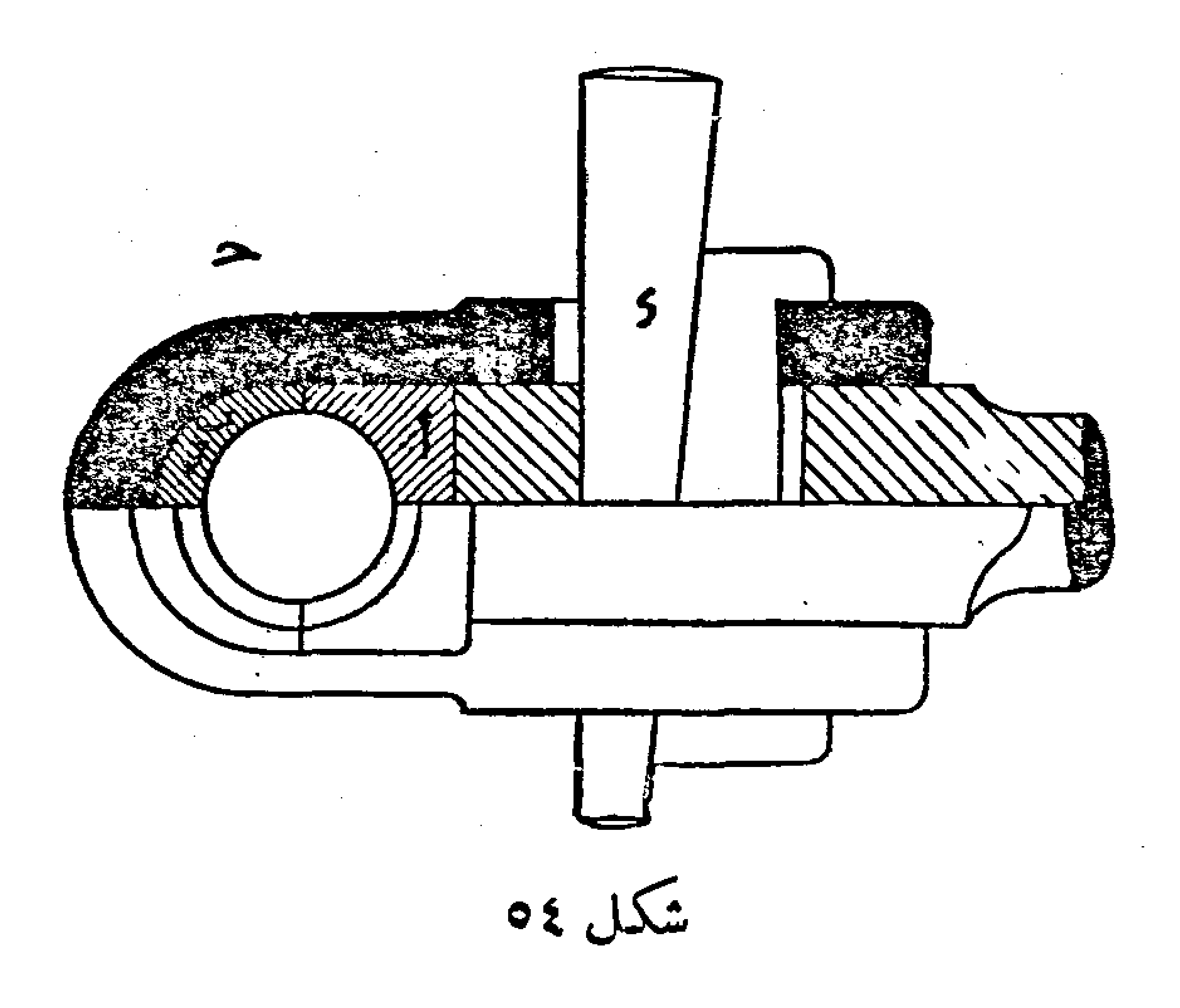
ويربط ساق المكبس بالطربوش بطرق كثيرة أعمها وأحسنها هى المبينة بشكل ٥٢ حيث يسلب طرف الساق ويثبت داخل جلبة الطربوش بواسطة

خابور مسلوب . وتتصل نهاية ذراع التوصيل بالطربوش بواسطه بنز مثبت في صدغي الطربوش بحيث يمكن للذراع أن يهتز حول هذا البنز بحركة ترددية .



شكل ٥٣

ويرى من شكل ٥٣ أنه في انتقال قوة الدفع ص من ساق المكبس الى ذراع التوصيل تنشأ قوة رأسية عند نقطة الاتصال يجب موازنتها والا فأنها تميل لثني ساق المكبس . ولهذا الغرض يتحرك الطربوش بين دليلين مثبتين في فرش المحرك والقطعتين من الطربوش التي يكون بينهما وبين الدليلين احتكاك يسميان (قباقيب) وأحسن الطرابيش هى التي يسهل فيها التعويض عن التآكل الناشيء من الاحتكاك أولا بأول وامكان تغيير القطع التى تتأكل بأقل نفقة ممكنة وبأقل تعطيل في العمل. وفي المحركات الصغيرة تكون القباقيب جزءا غير منفصل من الطربوش وأغلب الطرابيش يصنع من الزهر.



شكل ٥٤

٥٦ــ **ذراع التوصيل** ــ يصنع الذراع عادة من الصلب الطري بقطاع مستدير وفي بعض الاحيان بقطاع مستطيل أو بشكل حرف H وتتصل احدى

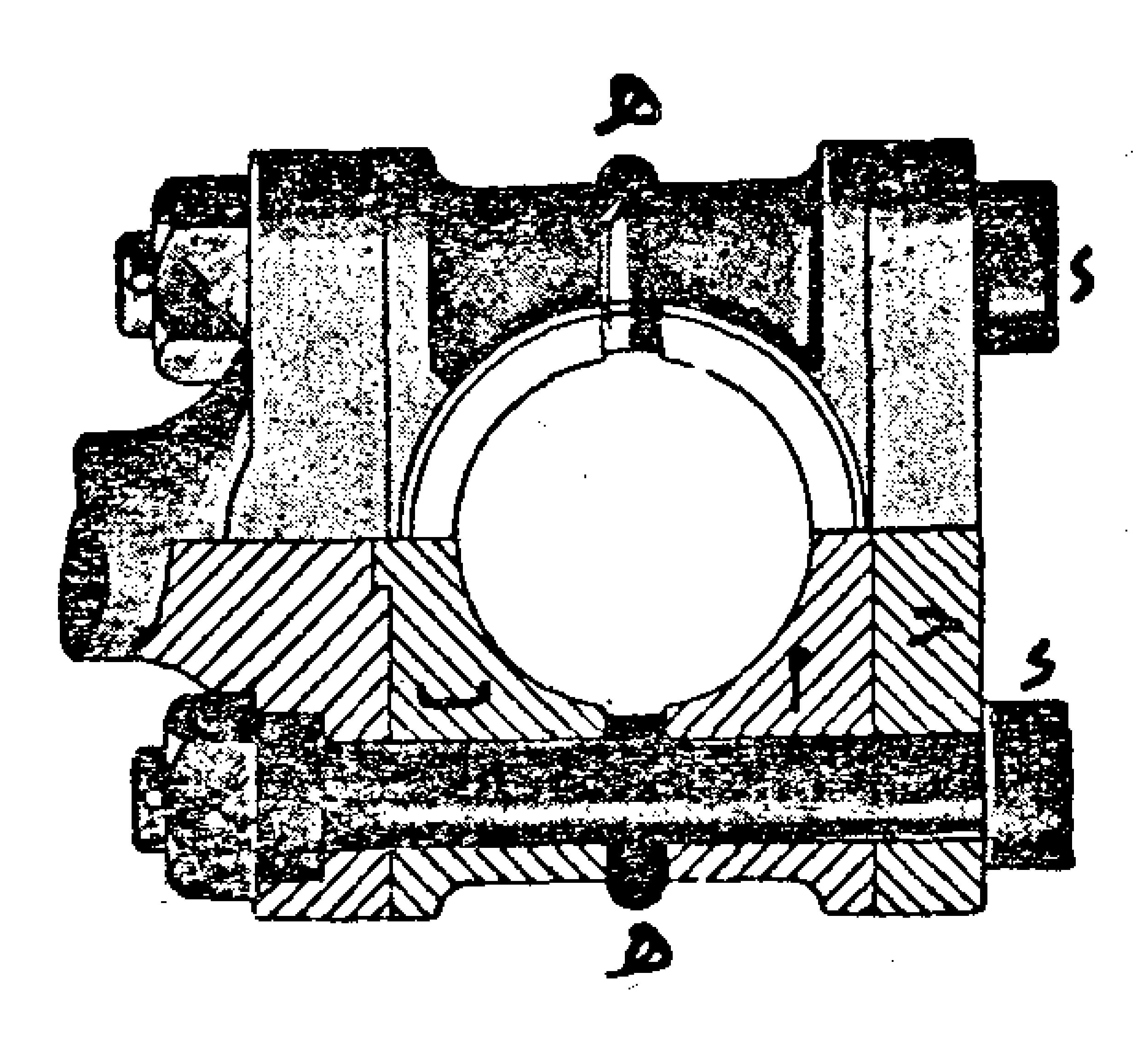
نهايتيه بزر المرفق وتسمى النهايه الكبرى ويتصل الطرف الثاني ببنز الطربوش وتسمى النهايه الصغرى وشكلي ٥٥،٥٦ يبينان نهايتي ذراع توصيل مستدير القطاع .

ففي النهاية الصغرى المبينة بشكل ٥٤ تثبت لقمتين ا ، ب من النحاس الاصفر في الذراع بواسطة الحزام حـ والخابور المسلوب ى . وفائدة اللقم النحاسية في مثل هذه المواضع أي حيث يكون هناك حركة ازلاق ينشأ عنها احتكاك هي : —

أولا — تقليل المقاومة الاحتكاكية أذ أن معامل الاحتكاك بين النحاس الاصفر والصلب أقل منها بين أي معدن آخر والصلب

ثانياً — حيث أن النحاس أقل هشاشة من الصلب فأن التأكل الناشيء من الاحتكاك يحدث في النحاس وليس في الصلب وبذلك يمكن تغيير القطع النحاسية بأقل نفقة من تغيير القطع المصنوعة من الصلب .

ثالثاً — يمكن تبطين القطع النحاسية بمعدن السبيكه الذي هو خليط من القصدير والرصاص والانتيمون . وفي ذلك فائدة عظيمة من حيث منع الاضرار التي تنشأ من « عض » اللقم في البنز الذي تحتك به أذا انقطع زيت التشحيم .

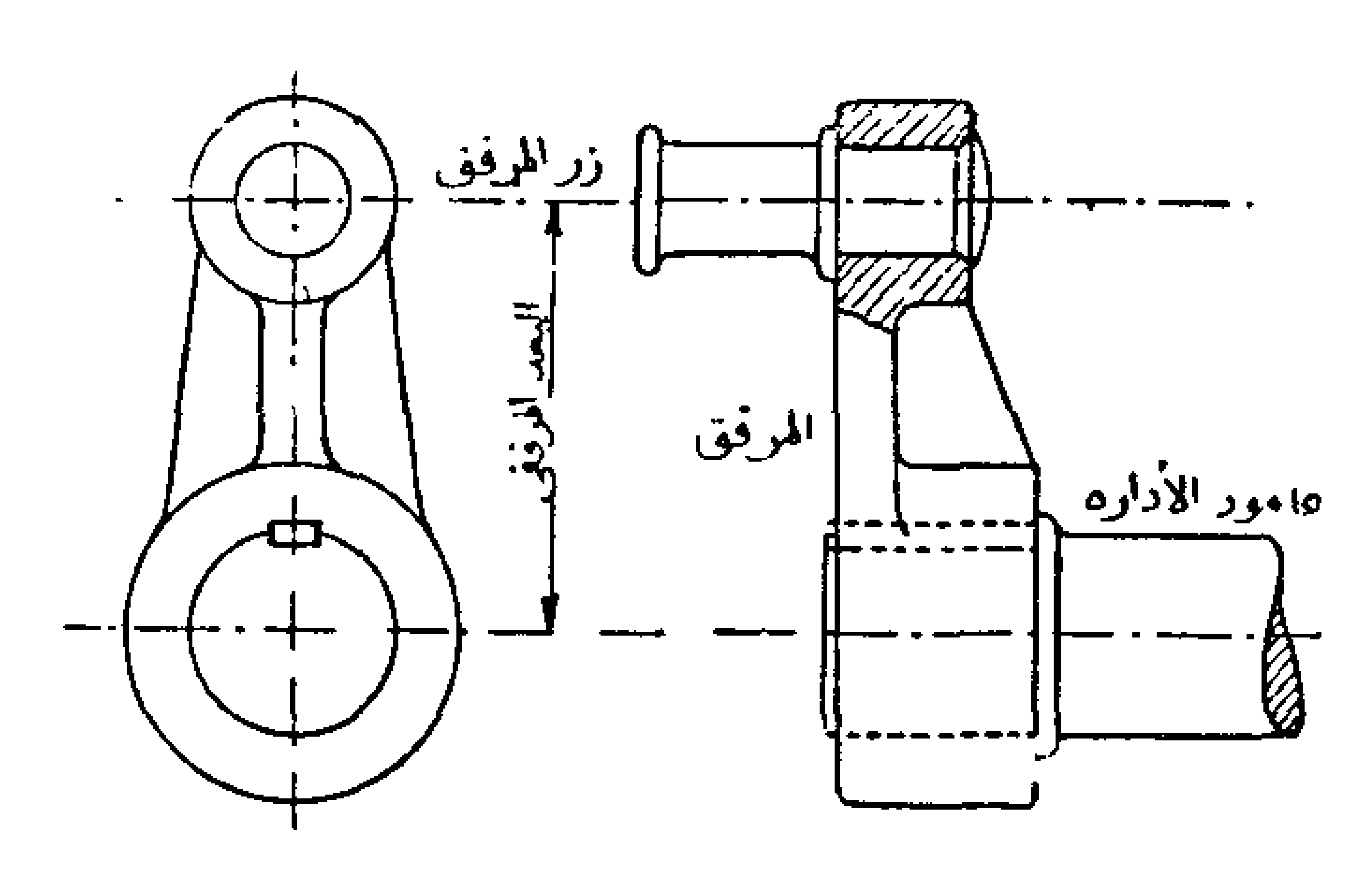


شكل ٥٥

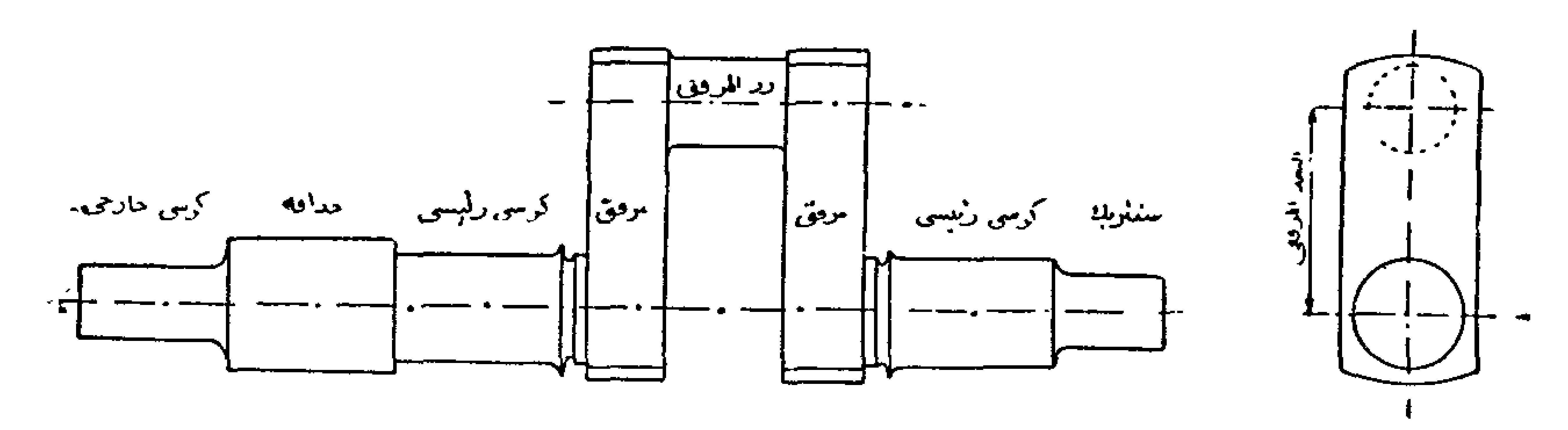
وشكل ٥٥ يبين احد الاشكال الكثيره التي تصنع عليها نهاية الذراع الكبرى . وفيها تثبت لقمتين ا ، ب من النحاس الاصفر بواسطة الغطاء حـ والمسمارين ى ى . ويمكن في هذا الطراز التعويض عن التأكل بواسطة استبدال الورده هـ بأخرى أقل منها في السمك .

٦٦ — **المرفق وعامود الادارة** — المرفق ما هو الا « يد » متصلة بعامود افقي في الغالب تدار بضغط نهاية ذراع التوصيل على أحد طرفيها يسمى

زر المرفق والمرافق على نوعين،مرافق مفرده ومرافق مزدوجة وكلاهما مبين في شكل ٥٦ وشكل ٥٧ .

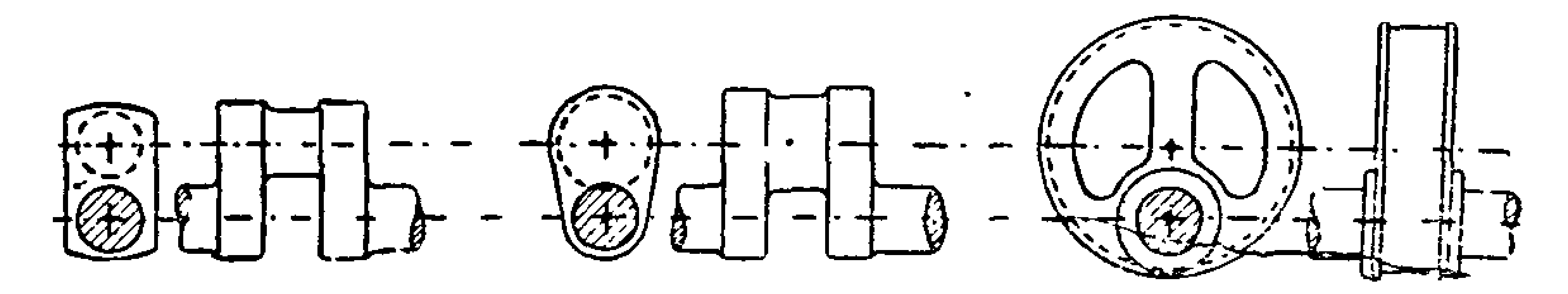


شكل ٥٦ ـ مرفق مفرد



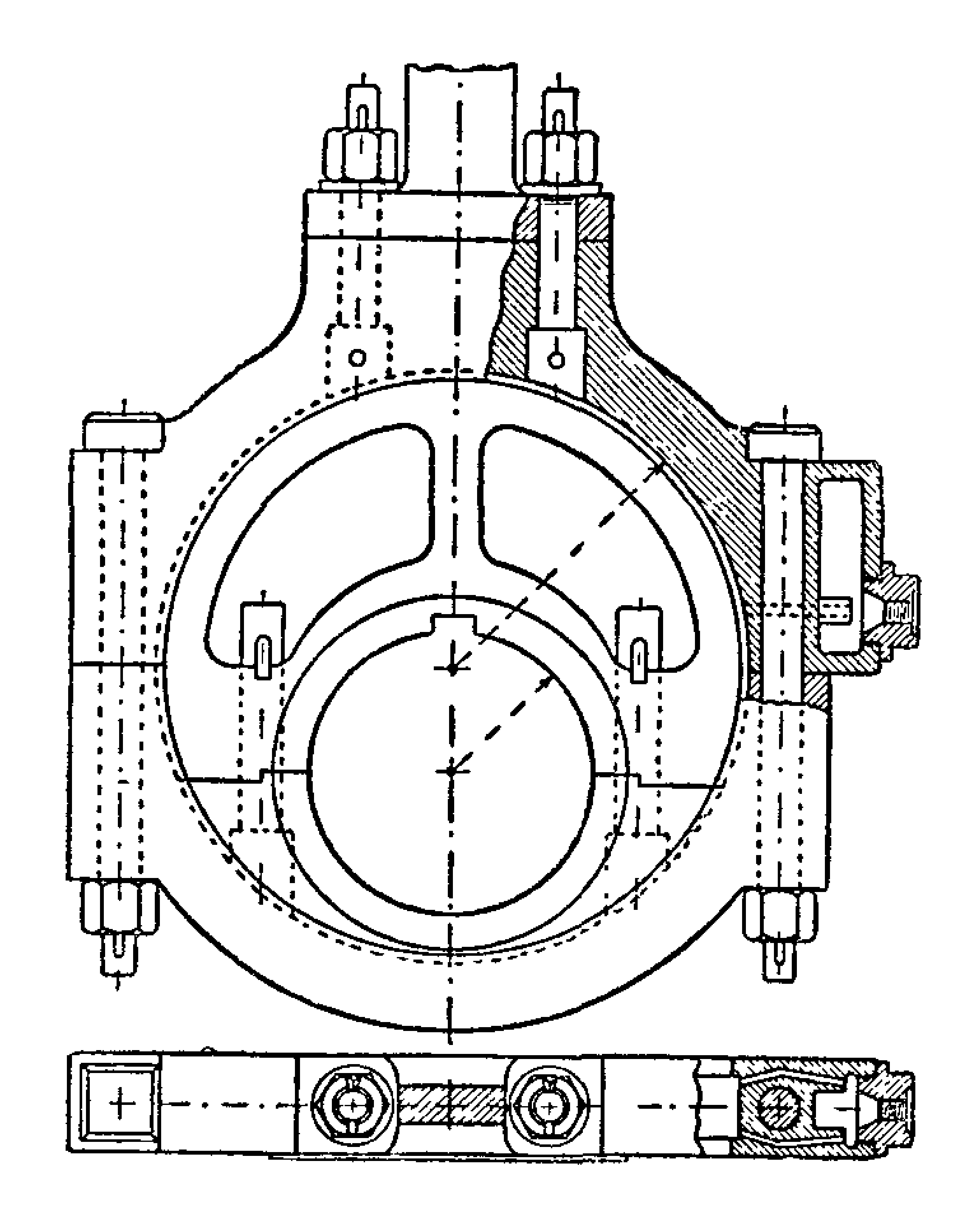
شكل ٥٧ ـ مرفق مزدوج

ولا تستعمل المرافق المفرده ألا في المحركات الصغيرة لانها أقل احتمالا من المرافق المزدوجة للاجهادات المؤثرة عليها . والبعد بين محور زر المرفق ومحور العامود هو البعد المرفقي ويساوي نصف طول شوط المكبس عندما يكون مركز العمود على أستقامة مسار المكبس كما هو الواقع في اغلب المحركات . ويرتكز عامود الادارة على كرسي واحد اذا كان ذو مرفق مفرد والا فعلى كرسيين أو اكثر بحسب عدد اسطوانات المحرك ووزن الحدافة . ويثبت في عامود الادارة على ابعاد مناسبة من المرفق الحدافة والطنبور الذي يستمد منه الحركة بواسطة



شكل ٥٨

السير اذا وجد وأيضاً « السنتريك » وهو عبارة عن مرفق ذي بعد مرفقي قصير يسمى الاختلاف المركزي كما يتضح من شكل ٥٨ .



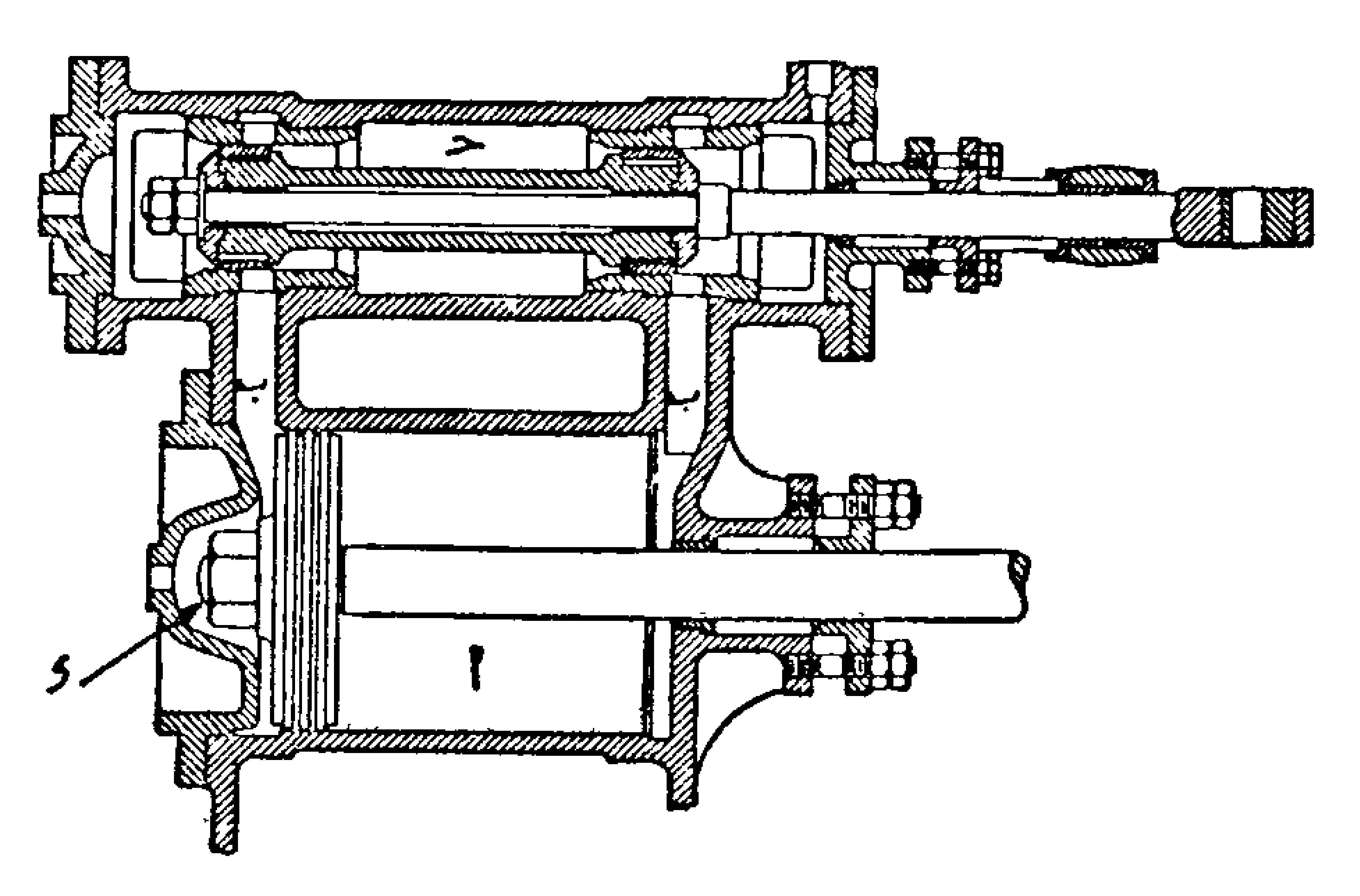
شكل ٥٩

٦٧ ــ **السنتريك** ــ والفرق بين السنتريك والمرفق هو ان الجزء المناظر لزر المرفق كبير القطر بحيث يغمر عامود الادارة . والحركه المستمده من السنتريك وذراعة هي نفس الحركة الترددية المستمده من المرفق وذراع التوصيل وبعبارة أخرى فان السنتريك وذراعه يستعملان لتحويل الحركة الدورانية للعامود الى حركة ترددية لصمام التوزيع مثلا . ومزية السنتريك على المرفق هي في أن الاول لايحتاج لاحداث ثغرة في عامود الادارة والبعد بين مركز قرص السنتريك ومركز العامود المركب عليه يماثل البعد المرفقي ويسمى الاختلاف المركزي للسنتريك . وواضح أن مدى الحركه الترددية المستمدة من السنتريك تساوي ضعف الاختلاف المركزي وشكل ٥٩ يبين سنتريك يستعمل في القاطرات .

٦٨ ــ **الحدافة** . عجله ثقيلة الوزن تثبت في عامود الادارة ووظيفتها موازنة عزم دوران المرفق أثناء الدورة . و من السهل على القارىء أن يتبين كيف ان عزم الدوران هذا هو حاصل ضرب القوه المسلطة على زر المرفق بواسطة ذراع التوصيل في البعد العمودي بين مركز عامود الاداره ومحور الذراع . فالقوة المسلطة بواسطة ذراع التوصيل ثابته تقريبا الى ان ينقطع ايراد البخار ثم تتضاءل تدريجيا حتى نهاية الشوط ــ ثم ان البعد العمودي المذكور يكون نهاية عظمى عندما يكون المرفق متعامدا على ذراع التوصيل أي عند منتصف الشوط تقريبا ويقل هذا البعد حتى ينعدم عند نهايتي الشوط . فعزم الدوران أذن منعدم عند نهايتي الشوط

وفي تغيير مستمر أثناء اللفة الواحدة . هنا تظهر فائده الحدافه فهي تخزن الطاقة الدورانية للمحرك عندما تزيد عن الحاجة ثم تنبذها عندما تقل طاقة المحرك فوظيفة الحدافة اذن هي موازنة عزم دوران المحرك مع عزم الدوران المطلوب في الآلة المراد ادارتها .

٦٩ — **الاسطوانة** — تختلف أشكال هذه القطعه الرئيسية في المحرك باختلاف أشكال المكبس وطريقة توزيع البخار وأبسط الاسطوانات ماكان منها محتويا على غرفة اسطوانيه شكل ٦٠ يتحرك فيها المكبس وتنتهي بفتحتين ب ب بالقرب من طرفيها تسمى كل منهما حارة البخار وتوصل كل من طرفيه



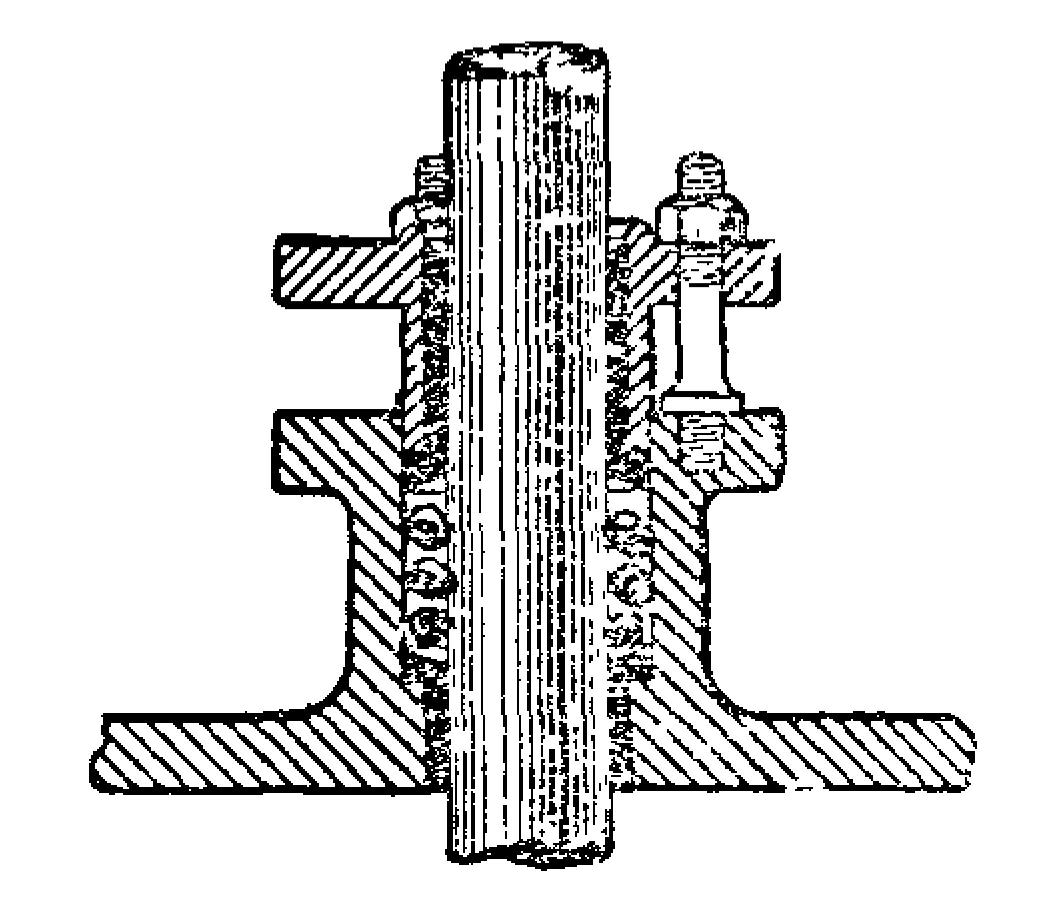
شكل ٦٠

الاسطوانة بغرفة الصمام ح وتسمى الدرج وهذه اما ان تكون مستديرة القطاع اذا كان الصمام المنزلق من النوع المكبسي أو مستطيلة القطاع اذا كان الصمام من النوع المسطح . وفي كلا الحالتين يتحرك الصمام بحيث يفتح ويغلق حارتى البخار في الاوقات المناسبة .

ويسد طرفي الاسطوانه بغطائين يربطان ربطا محكما الى شفف الاسطوانة بجاويطات مثبتة فيها . وفي الغالب يكون أحد الغطائين قطعة واحدة في فرش المحرك أو في الاسطوانة نفسها . ويتخذ الغطائين شكلا مناظرا لشكل المكبس بحيث يترك حيزا اسطوانيا منتظم السمك تقريبا يسمي الخلوص (ى) . وأفضل

أشكال الاسطوانات هو ما كانت فيها حارات البخار أقصر ما يمكن ومتسعه اتساعا كافيا وذلك لمنع انخفاض ضغط البخار عند دخوله الى الاسطوانة بقدر الامكان ويسمى انخفاض ضغط البخار الناتج من احتكاكه بجدران الحارات الضيقة الطويلة تخاخل البخار وينشأ عنه فقد في الشغل المؤدي داخل الاسطوانة .

٧٠ — **علبة المشاق** — وتستعمل عندما تنفذ قطعة متحركة من أناء به ضغط داخلي فعلبة المشاق تسمح بهذه الحركة بدون أن يرشح ما بداخل الاناء من سائل أو غاز مضغوط وذلك بدون أن يترتب على ذلك أحتكاك كبير — وفي المحرك البخاري الترددي يوجد علبة مشاق ينفذ من خلالها كل من ساق المكبس من الاسطوانة وساق الصمام المنزلق من الدرج . وتتكون علبة المشاق في أبسط أشكالها من علبة صغيرة تترك حيزا ضيقا حول الساق المنزلق يملأ بحشو من مادة لينة مثل قطن الاسبستوس أو بحلقات من الرصاص ويضغط الحشو حول الساق بواسطة مزنقة مركبة في صندوق المشاق كما يتضح من شكل ٦١ .



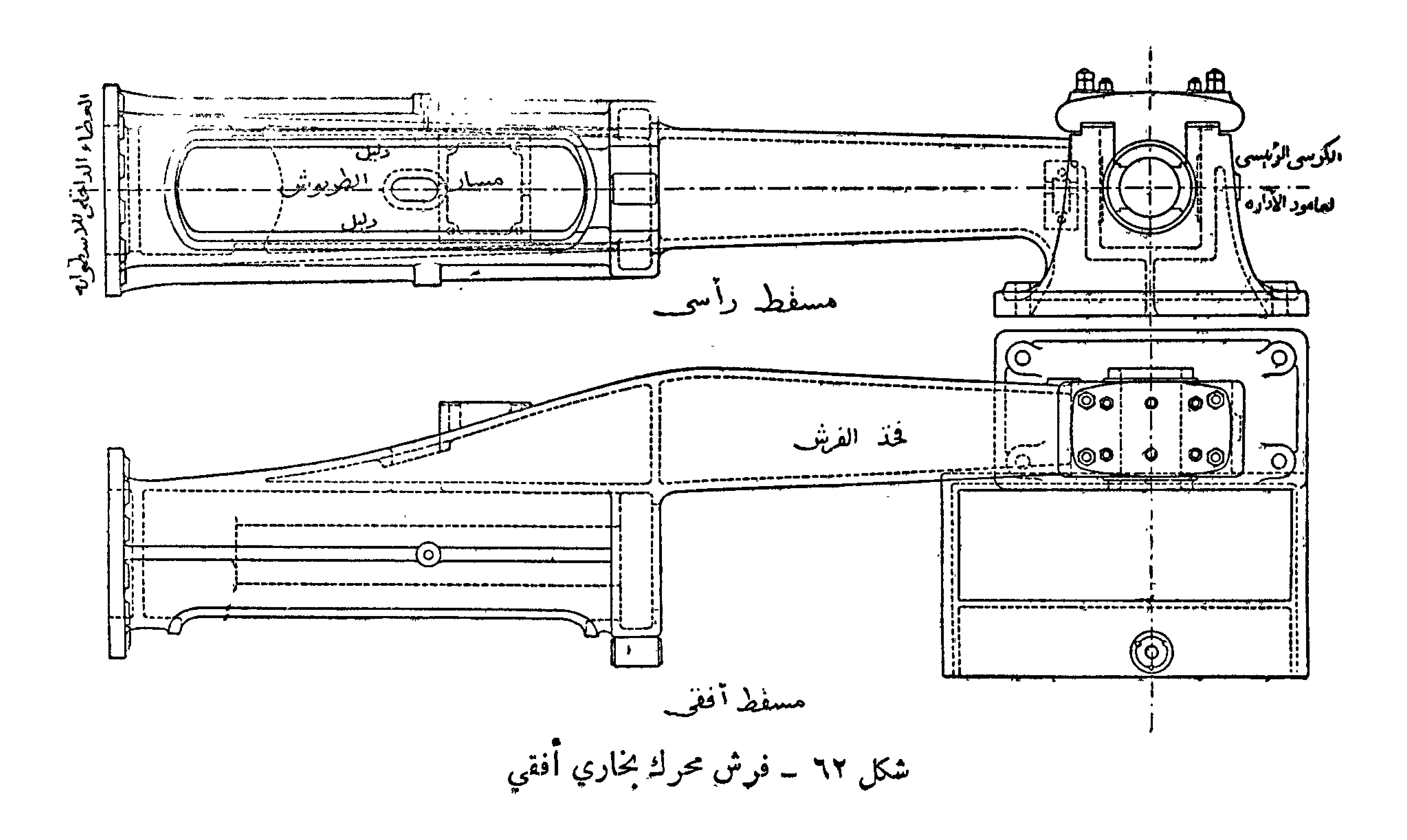
شكل ٦١

٨٠ — **بطانة الاسطوانة** — في المحركات الكبيرة يصنع الجزء الاسطواني الذي يتحرك فيه المكبس على حدة كما تصنع أيضاً جاب اسطوانية يتحرك فيها الصمام اذا كان من النوع المكبسى وذلك من جهة لسهولة تغييرها عند تأكلها ومن جهة اخرى لكي يسهل صنعها من زهر خاص يليق بطبيعة عملها . وتسمى هذه القطعة بطانة الاسطوانة . وفي كثير من المحركات وخصوصا ما يشتغل منها على بخار ذي ضغط عال تركب البطانة بحيث تترك حيزا ضيقا بينها وبين جسم الاسطوانة يملأ ببخار ذى ضغط متوسط لكي تمنع تسرب حرارة البخار الذي يشتغل داخل الاسطوانة الى الخارج ويسمى هذا الحيز القميص البخاري .

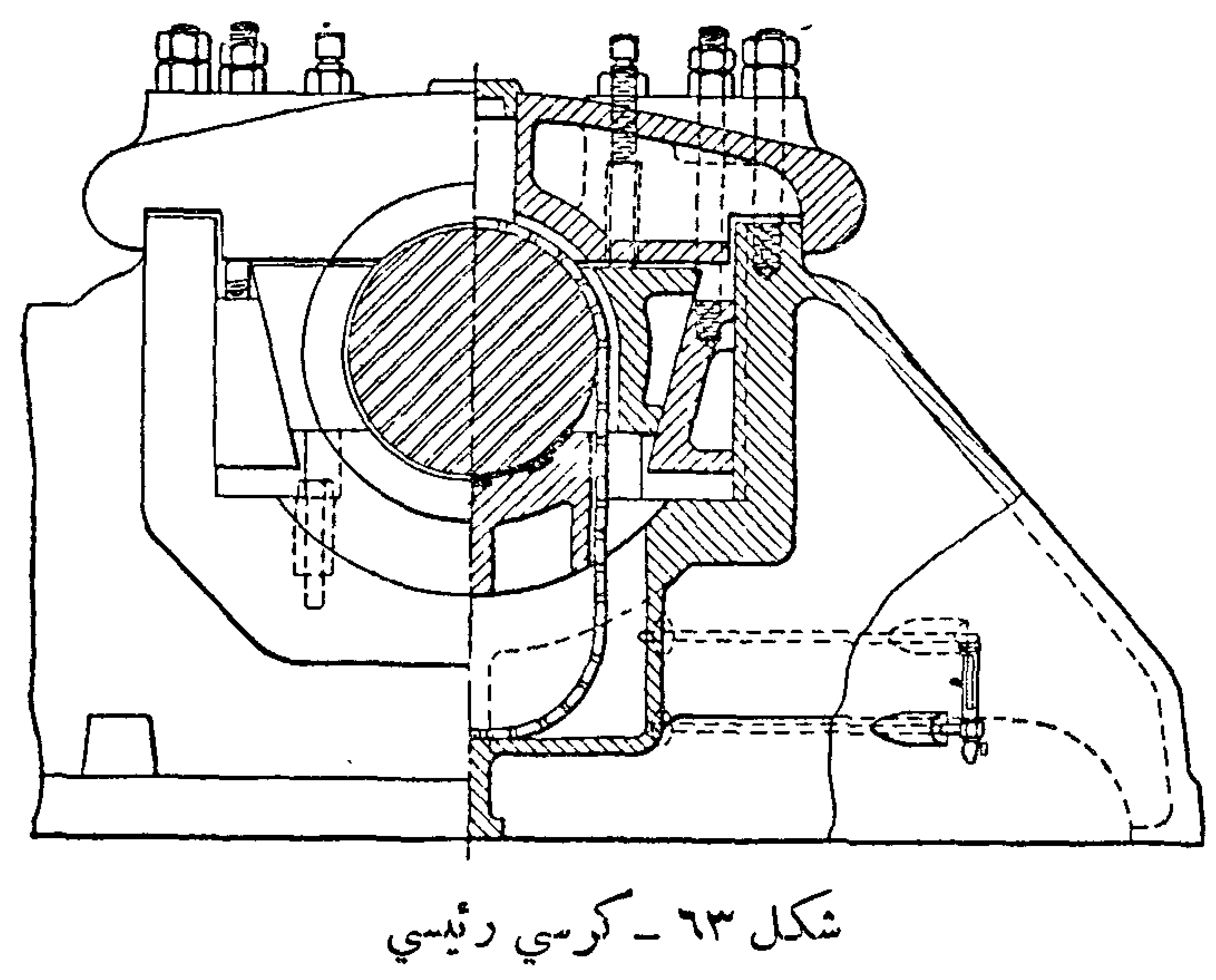
ولهذا الغرض نفسه أى منع تسرب حرارة البخار بقدر الامكان تغطي الاسطوانات ومواسير البخار بمادة عازلة للحرارة مثل معجون الاسبتوس أو الفللين أو غير ذلك من المواد التي تعرض في الاسواق تحت أسماء مختلفة. ثم يغطي الجميع بالصاج المؤكسد لتحسين شكل المحرك بوجه عام .

٨١ ـ **فرشى المحرك وكراسى عامود الاداره** ـ الفرش هو الذي يحمل الاسطوانة بما فيها ويحدد المسافة بينها وبين محور عامود الادارة ويتكون في أبسط أشكاله من فخذ واحد في المحركات الصغيرة اوفخذين متماثلين اذا كان ذو اسطوانة واحدة او اسطوانتين على استقامة واحدة وفي المحركات السريعة الدوران يتخذ الفرش هيئة صندوق رأسى مقفل مقسم الى غرف متعدده بواسطة قواطيع اذا كان المحرك متعدد الاسطوانات وشكل ٦٢ يبين فرش محرك افقي بطيء الحركة ذو فخذ واحد ويحتوي الفرش عادة على الغطاء الداخلي للاسطوانه وصندوق الصمام بما في ذلك علبتي المشاق ثم يلي ذلك دليلى الطربوش ثم فخذ او فخذى الاتصال بين الدليلين والكرسي أو الكراسي الرئيسيه التى تحمل عامود الادارة بما عليه من مرافق وسنتريكات وحدافة وطنابيروهلم جرا . ويصنع الفرش دائما من الزهر لتعقيد شكله وهو مجوف من الداخل ولكن لابد ان يكون من المتانة بحيث لاتؤثر فيه القوه الناتجة من حركة القطع الرئيسية ولكي يمكن ربطه في الاساسات ربطا محكما .

اما الكراسي الرئيسيه فتتكون من لقمتين نحاسيتين كل منهما مبطن بمعدن السبيكه وتربط اللقمتين على عامودالاداره بغطاء من الزهر وتختلف انواع الكراسي عن بعضها حسب اختلاف طريقة التزييت فمنها ما يحتوي على مخزن صغير للزيت تغمس فيه حلقة او اكثر تتحرك على سطح العمود. وشكل ٦٣ يبين قطاع رأسى في كرسى رئيسى وهو من النوع الذى يمكن ضبط لقمه بدون فك اجزائه ويقوم بتزييت سطوح الاحتكاك فيه جنزير معلق على عامود الادارة ويغمس في خزان صغير للزيت.



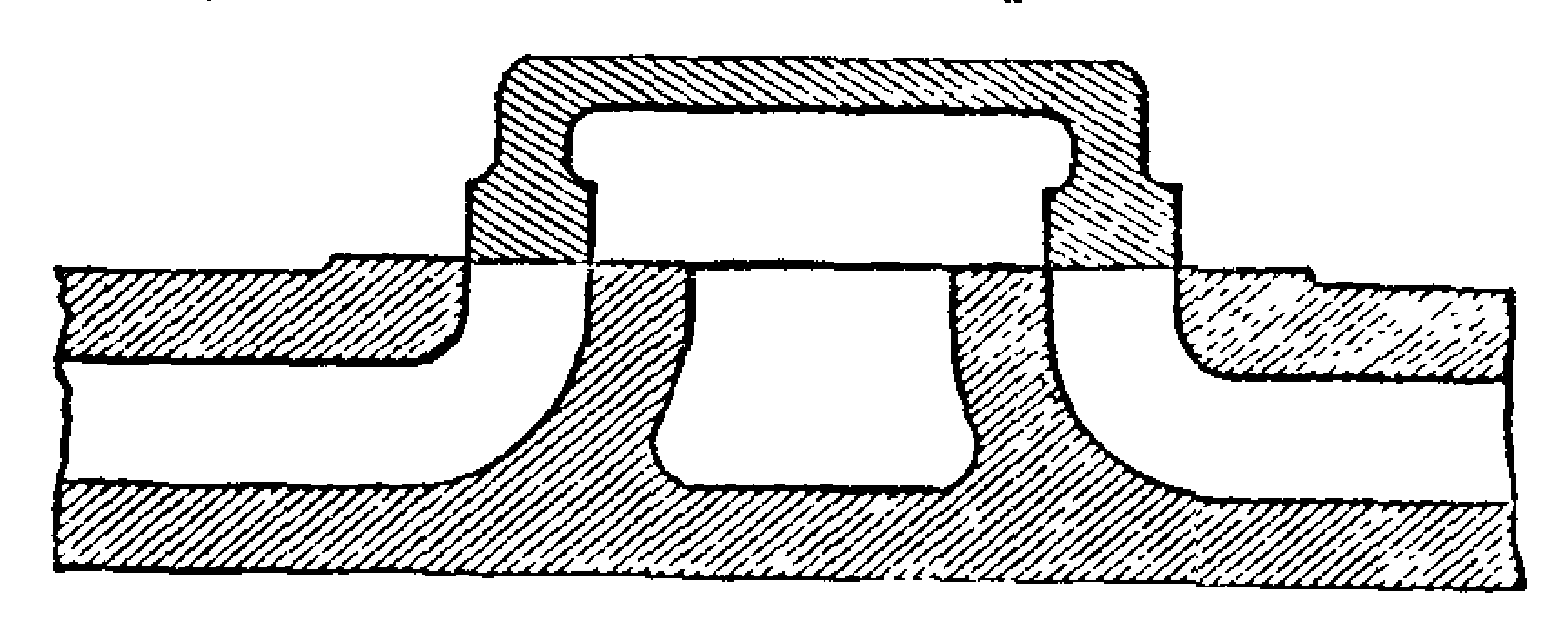
شكل ٦٢ ـ فرش محرك بخاري أفقي



شكل ٦٣ ـ كرسي رئيسي

٨٢ ـ توزيع البخار بواسطة الصمام المنزلق البسيط ـ شكل ٦٤

يبين قطاعا رأسيا فى صمام منزلق بسيط موضوعا في منتصف شوطه فوق حارتي البخار ووظيفة الصمام هى توزيع البخار على جانبي الاسطوانة بحيث يضمن الحوادث الآتية في كل من جانبي الاسطوانة بحسب ترتيب حدوثها : ـ



شكل ٦٤ ـ صمام منزلق بدون شفف

(١) يسمح بدخول البخار الحر الى الاسطوانة .

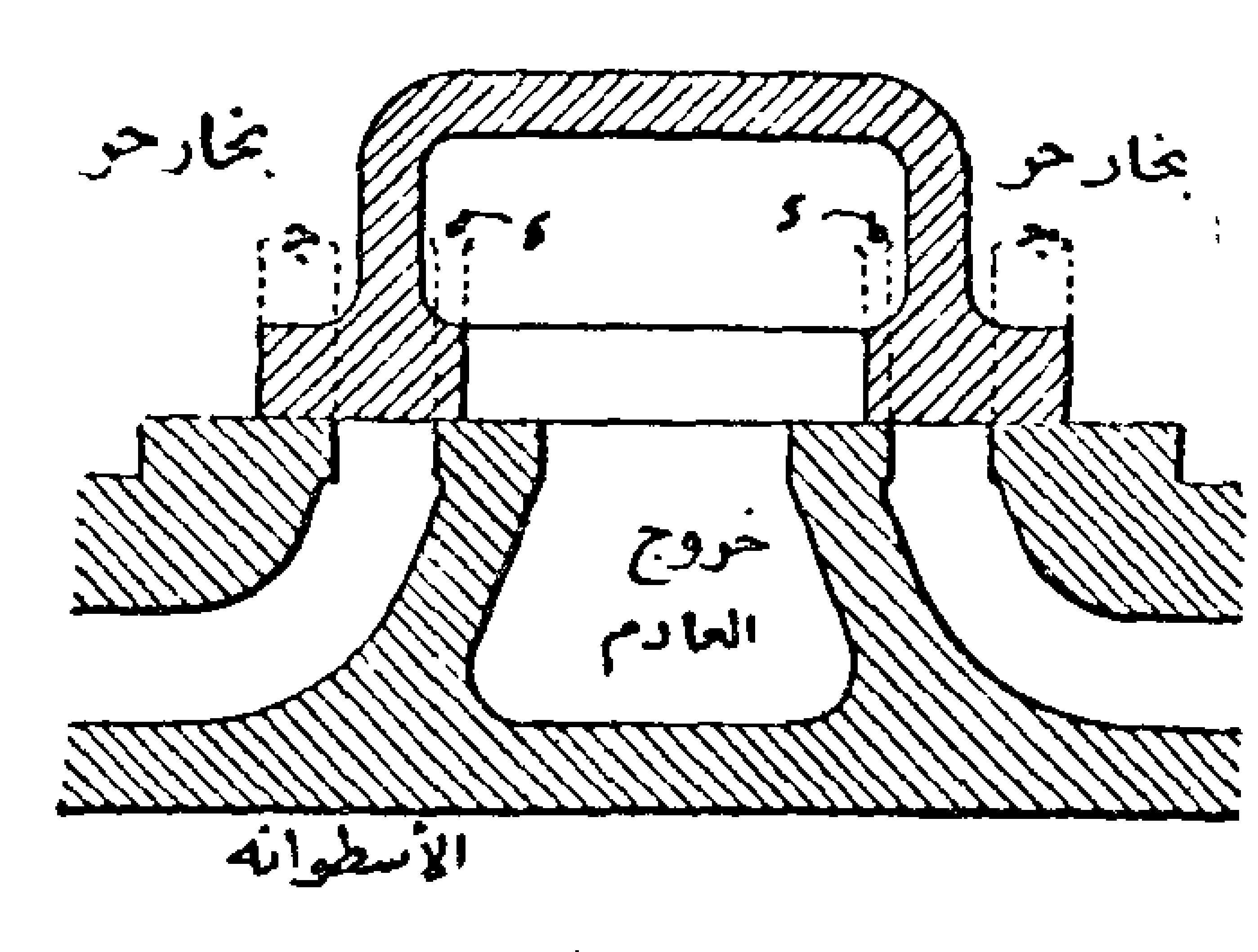
(٢) يقطع أيراد البخار عند وضع معين للمكبس .

(٣) توصيل الاسطوانة بماسورة العادم قبل نهاية الشوط بقليل لتسمح بأنصراف البخار .

(٤) قطع هذا الاتصال قبل نهاية شوط أياب المكبس بقليل .

فأذا كان سمك شفة الصمام مساويا لفتحة حارة البخار في كل من الجانبين وجب أن يكون الصمام فى منتصف شوطه عندما يكون المكبس على وشك الابتداء في شوطه فأذا تحرك المكبس الى اليمين تحرك الصمام في نفس الاتجاه وفتح حارة البخار لدخول البخار الحر . ووضع الصمام هذا بالنسبة لوضع المكبس يستلزم أن يكون الاختلاف المركزي متعامدا على المرفق ومتقدما عليه. وفي هذه الحالة يصل الصمام الى النهاية اليمنى لشوطه عندما يكون المكبس في منتصف شوطه وتكون حارة البخار مفتوحة عن آخرها . ثم يعود الصمام في شوط الأياب بينما يستمر المكبس في شوطه وبذلك لا تقفل حارة البخار الا عند وصول المكبس لنهاية شوطه أي انه يستمر أيراد البخار من أول شوط المكبس لآخره .

أما اذا أريد قطع أيراد البخار عندما يسير المكبس نسبة معينة من طول الشوط فيجب أن يكون سمك شفة الصمام أكبر من فتحة الحارة ويسمى حينئذ صمام تمددي .



شكل ٦٥ ـ صمام منزلق دو شفف

وشكل ٦٥ يبين صمام من هذا النوع في منتصف شوطه وجزء الصمام (حـ) الذي يتجاوز الحافة الخارجية لحارة البخار يسمى الشفة الخارجية والجزء (ى) الذي يتجاوز الحارة من الداخل يسمى الشفة الداخلية .

فشكل ٦٦ يبين أربعة أوضاع للصمام بالنسبة للمكبس .

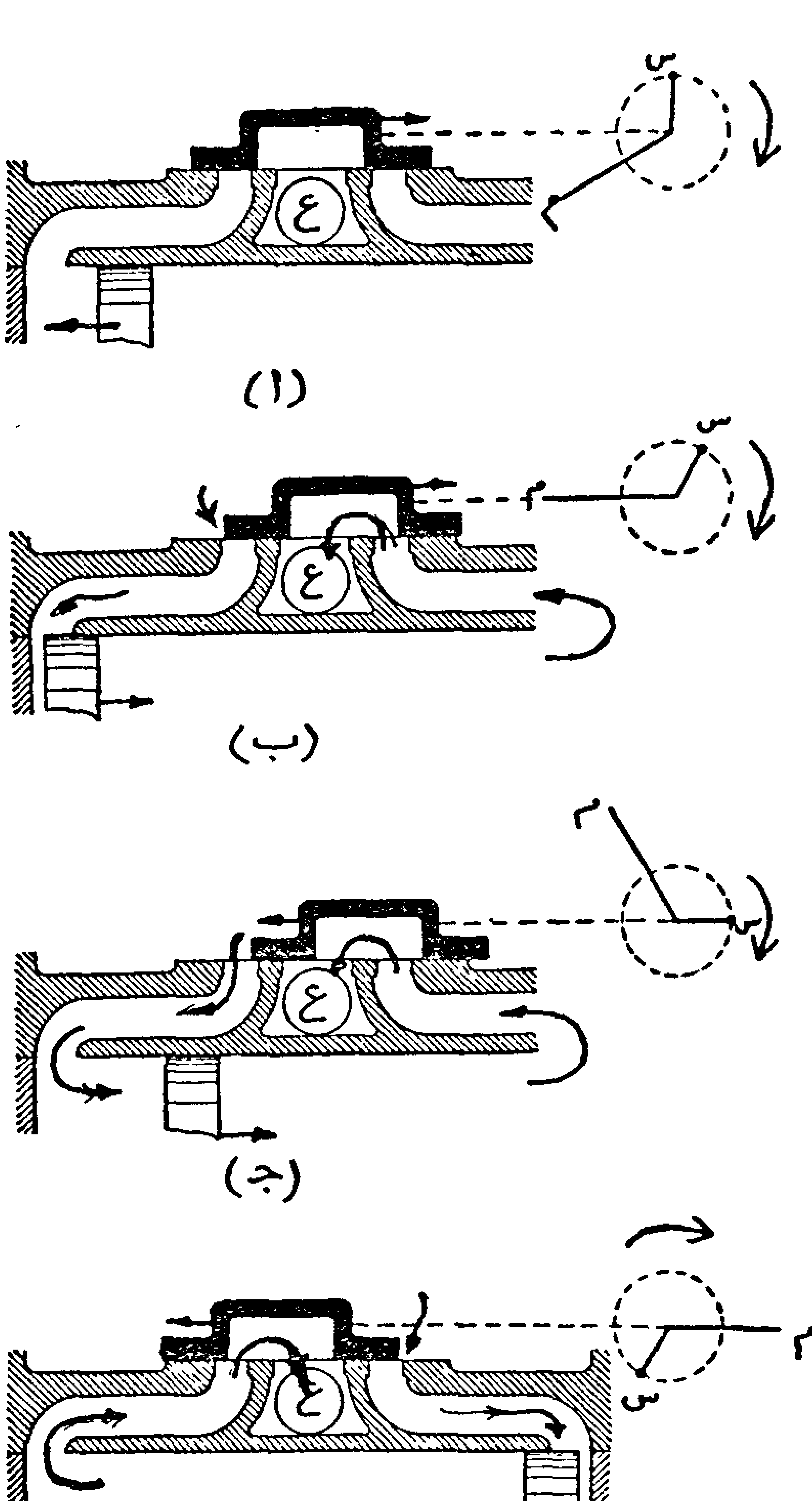
ففي (ا) يكون الصمام في منتصف شوطه حيث يكون وضعه متماثلا بالنسبة لحارتي البخار أي أن الاختلاف المركزي يكون متعامدا على مسار المكبس .

وفي (ب) يرى المكبس في ابتداء الشوط وقد تحرك الصمام الى اليمين

كاشفا عن جزء صغير من حارة البخار يسمى تقدم الصمام فيدخل البخار دافعا المكبس الى اليمين .

وفى (ﺣ) يرى الصمام في النهاية اليمنى لشوطه وعلى وشك العوده اي ان فتحة البخار نهاية عظمى في هذه اللحظة وفي عودة الصمام تنغلق هذه الفتحة تدريجياً حتى تقفل تماماً عند نقطة القطع المطلوبة .

وفي (ى) وصل المكبس الى النهاية اليمنى لشوطه وكانت قد سدت حارة البخار قبل ذلك وفي استمرار سير الصمام في شوطه الى اليسار اصبحت الاسطوانة متصلة بماسورة العادم (ع) وبذلك ينصرف البخار من الجهة اليسرى للاسطوانة



شكل ٦٦

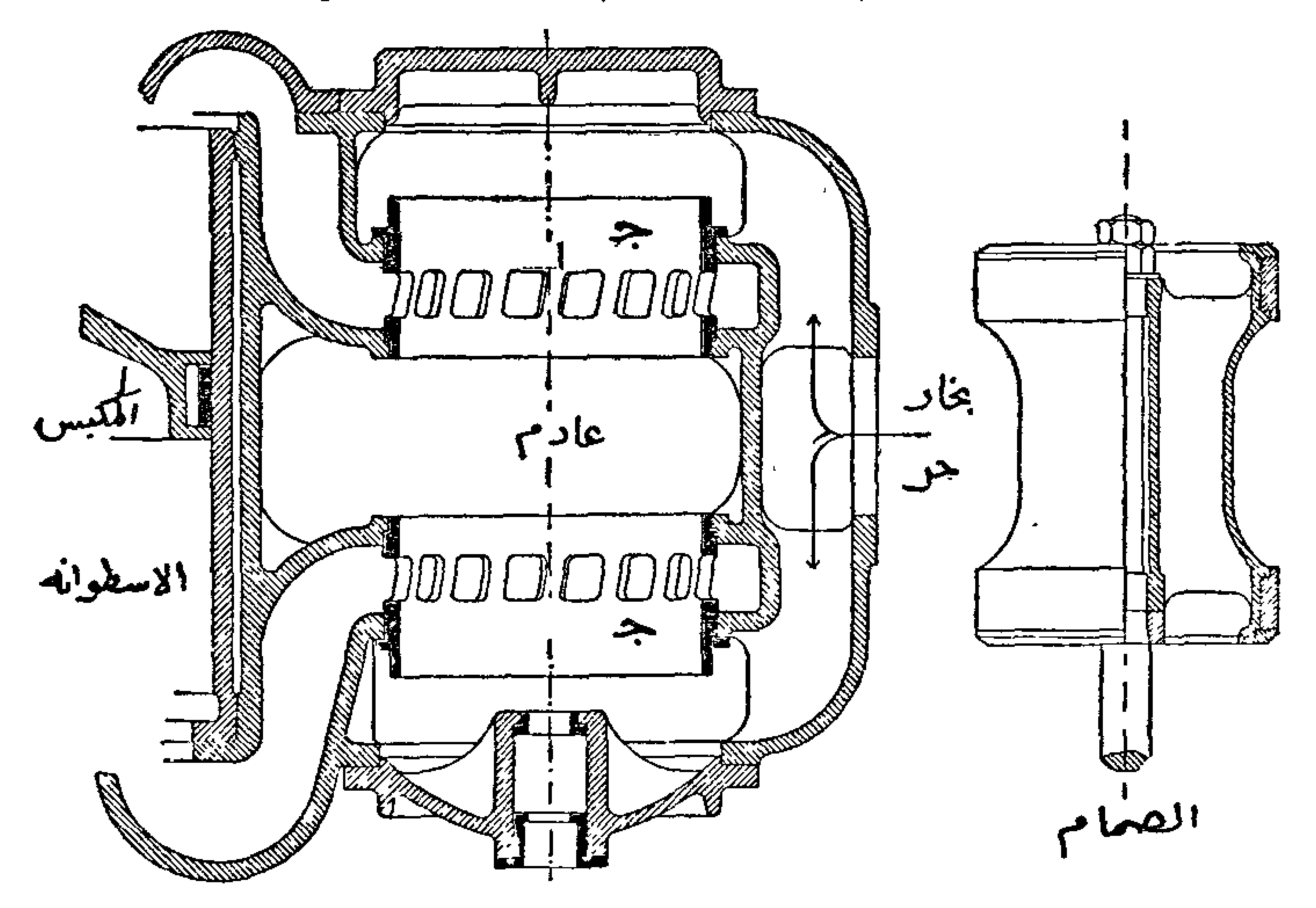
حتى ينقطع هذا الاتصال أثناء حركة الصمام الى اليمين . ويحدث ذلك قبل نهاية شوط المكبس بقليل لكي يكون ضغط البخار بمثابة مصد لين للمكبس في نهاية شوطه .

يرى مما تقدم أنه يجب أن يكون اتجاه الاختلاف المركزي للسنتريك ماثلا

على اتجاه المرفق بزاوية أكبر من ٩٠° وتسمى الزاوية التي تزيد على ٩٠° زاوية تقدم السنتريك .

ولا يمكن التوسع في هذا الموضوع بأكثر مما ذكر لضيق المقام . وعلى القاريء الذي يريد الاستزاده ان يطلع على احد الكتب العديدة التي تبحث في المحركات البخارية .

٨٣ــ **الصمام المكبسي المنزلق** ــ يلاحظ ان الصمام المسطح المنزلق ينضغط على مرآة* الدرج بضغط عظيم اشيء من فرق ضغط البخار الحر على ظهر الصمام والبخار العادم داخله . وكلما كان صمام كبير المساحه كلما زاد هذا الضغط وينشأ عن ذلك مقاومه احتكاكية عظيمة تستنفد قدرا كبيرا من قدرة المحرك في تحريكه . وفي مثل هذه الحالة يستعاض عن الصمام المسطح بصمام مستدير القطاع على هيئة المكبس



شكل ٦٧ ــ صمام مكبسي منزلق

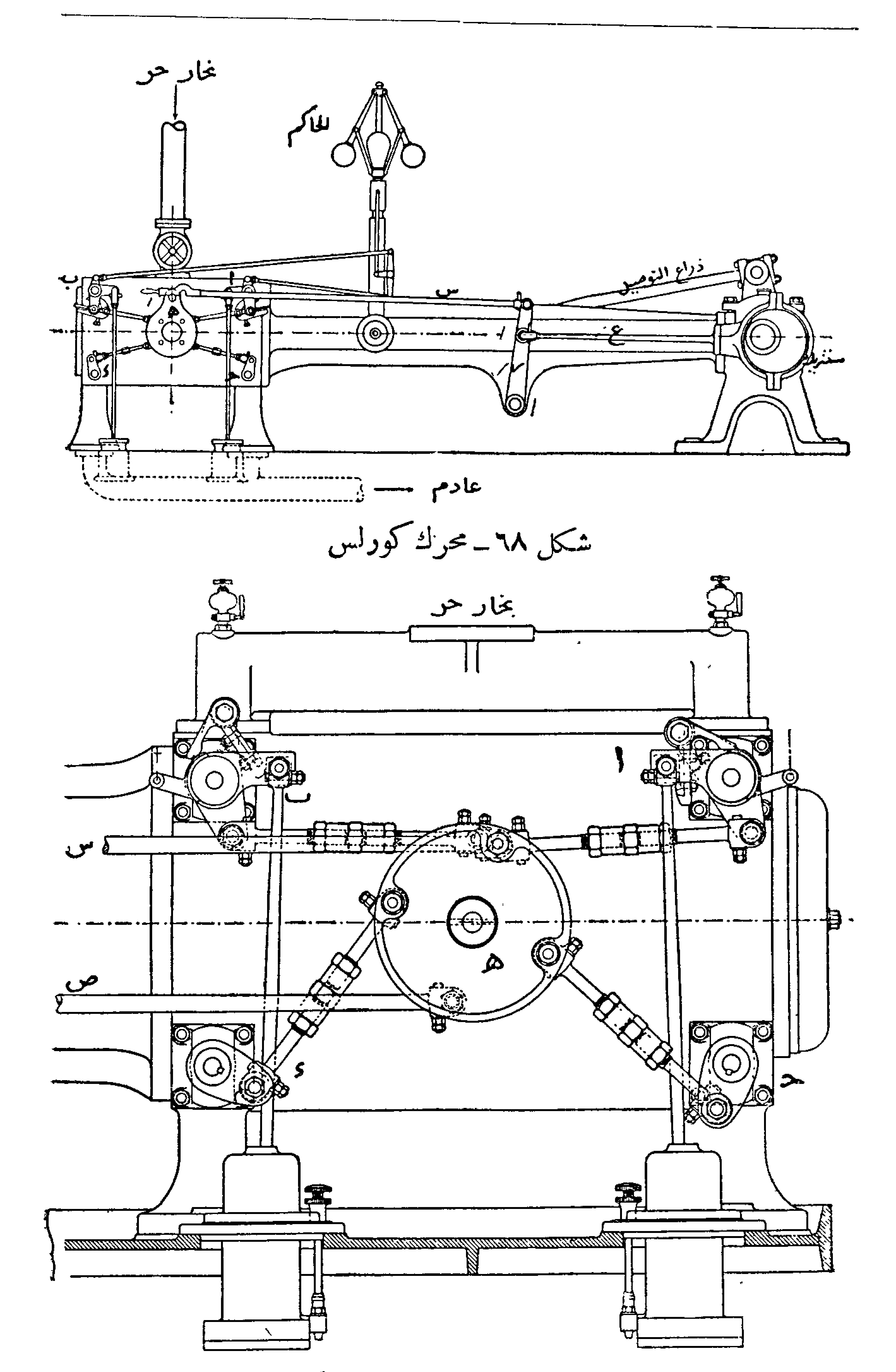
يتحرك في درج مستدير القطاع ايضاً أي اسطواني (شكل ٦٧) وبذلك ينعدم الضغط الجانبي بين الصمام والدرج الاسطواني ولا يحتاج الى قوة كبيرة لتحريكه ومع ذلك فلا بد من وجود بعض الضغط بين الصمام وجدران الدرج لكى

* يسمى الوجه المسطح لذي به الفتحات الموصلة للاسطوانة وللعادم والذي ينزلق عليه الصمام بالمرآة لانه يصقل من كثرة احتكاك الصمام عليه

لا ينفذ البخار الحر الى ماسورة العادم مباشرة ولتحقيق هذه الغاية يحكم الصمام بواسطة شنابر مشابهة لشنابر المكبس، تركب على الحافتين المنزلقتين فوق فتحتي البخار . ولكي لا تنفتح الشنابر في الفتحات تثبت جلبتين حـ بهما فتحات مائلة في درج الصمام عند فتحات البخار كما هو ظاهر من شكل ٦٧ . وعلى هذا النظام يكون الصمام المكبسي مفضلا من جميع الوجوه على الصمام المسطح ولذلك فهو شائع الاستعمال في الحركات السريعة الدوران ومحركات القاطرات .

٨٤ـ *صمامات التوزيع المنفصلة* ـ لصمامات توزيع البخار المنزلقة مضار عديدة خصوصا من الوجهة الحرارية وذلك لان نظام الصمام المنزلق يستدعي حارات متسعة وطويلة مما يزيد في حجم الخلوص في الاسطوانة وهذا مما يدعو للفقد الحراري في المحرك وأيضاً لأن نظام حركة الصمام يجعل فتح وغلق حارات البخار بطيئاً وهذا يسبب أستدارة أركان المنحني البياني وقد سبقت الاشارة الى ما ينشأ عن ذلك من فقد في القدرة البيانية وقد توصل المهندسون الى ابتكار طريقة الصمامات المنفصلة أي ان يكون هناك صمام خاص بأيراد البخار الحر وآخر لتصريف البخار العادم لكل من جانبي الاسطوانة فبذلك يصبح عدد الصمامات أربعة . وبطبيعة تركيب هذه الصمامات فهي لا تستعمل ألا في المحركات الافقية والبطيئة وأحسن أمثلة للمحركات التي يستعمل فيها هذا النظام هي محركات كورلس ومحركات سولزر .

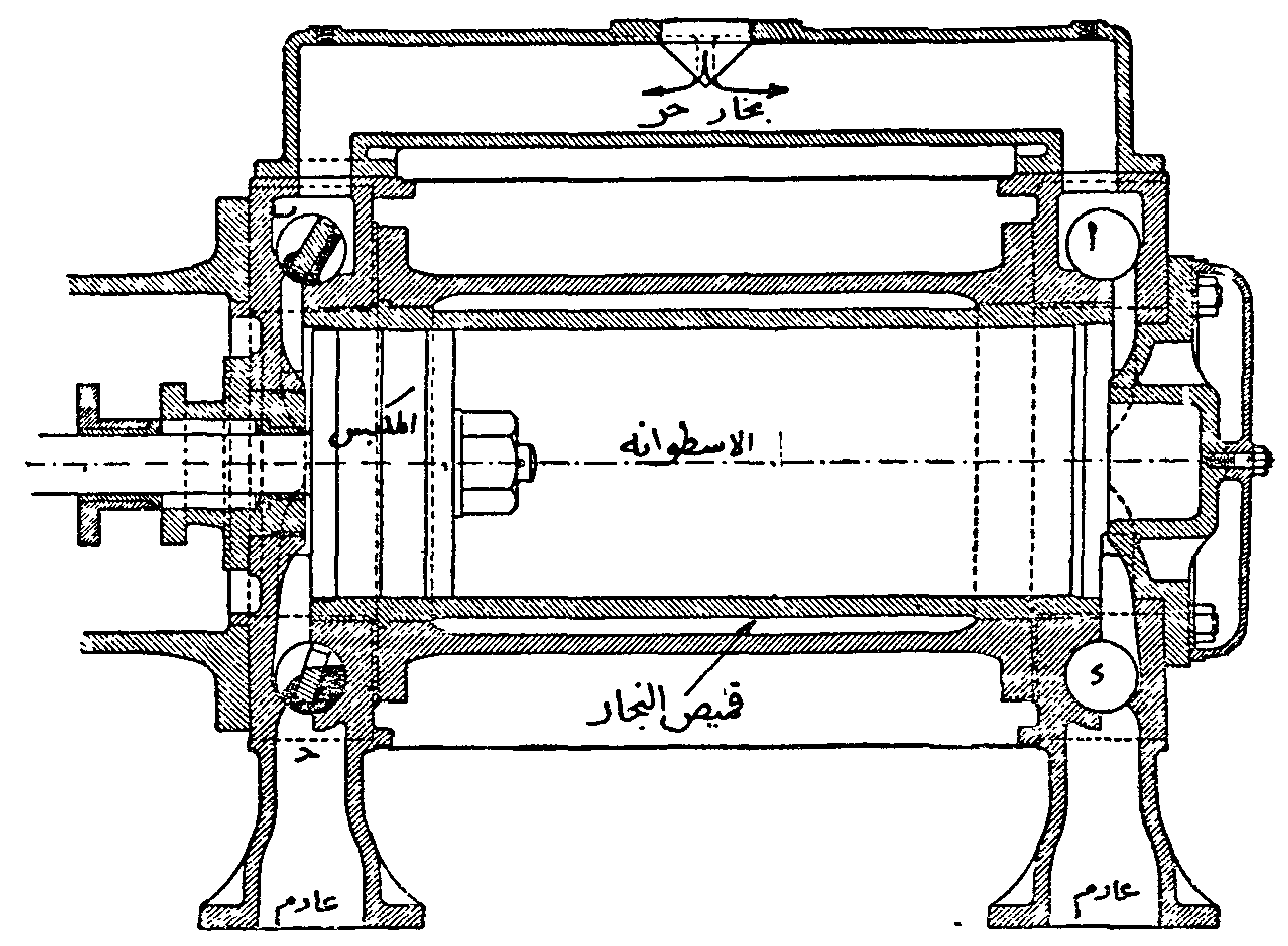
٨٥ ـ *طريقة كورلس لتوزيع البخار* ـ يمكن للقاريء فهم طريقة تشغيل صمامات هذا النوع من الحركات من الاشكال ٦٨ الى ٧٠ فهما سطحيا أذ ليس في المقدور في مثل هذا الكتيب التطويل في الشرح . ففي شكل ٦٨ مسقط رأسي تخطيطي للمحرك بأكمله وشكل ٦٩ مسقط رأسي مكبر لاسطوانة المحرك وفيه ترى التعشيقة التى تحرك الصمامات . وحركة الصمامات عبارة عن اهتزازات دورانية صغيرة لا يتعدى مداها في صمامات دخول البخار ٣٠° وفي صمامات خروج العادم ٤٥° . ويستمد صمامي البخار ا ، ب وكذا صمامي العادم حـ ، ى



شكل ٦٨ ـ محرك كورلس

شكل ٦٩ ـ تعشيقه نظام توزيع كورلس

حركاتها الاهتزازية من صينية التوزيع بواسطة اربعة أذرع يمكن ضبط اطوالها بواسطة الصواميل المركبة فيها . والصينية ه تهتز أيضاً اهتزازات دورانية بواسطة ساقين س ، ص متصلين بطرفي رافعة مقوسة تستمد حركتها من السنتريك .

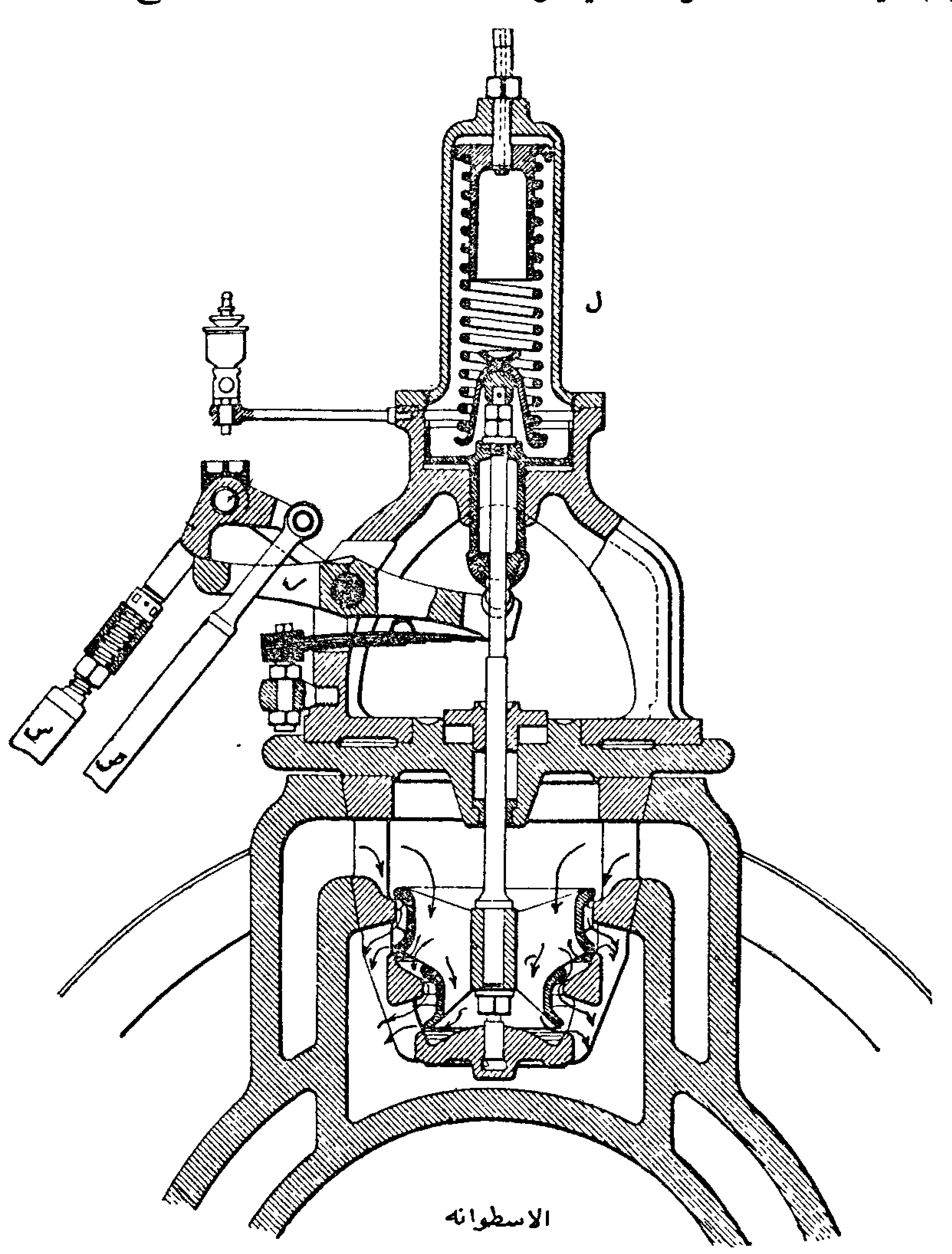


شكل ٧٠ ـ قطاع رأسي في محرك كورلس

ويظهر من شكل ٦٨ أن صينية التوزيع تستمد حركتها بساق واحد س تتصل نهايته بالرافعة ر المرتكزه عند اسفلها والتي تتحرك بحركة بندولية معكوسة بواسطة ذراع السنتريك ع . وشكل ٧٠ يبين قطاعا رأسيا في اسطوانة المحرك حيث يظهر الصمامين ب ، حـ العلوى منهما لدخول البخار الحر والثاني لخروج العادم .

٨٦ ـ *طريقة سولزر لتوزيع البخار* ـ تخرج مصانع سولزر في سويسرا محركات بخارية أفقية بطيئة ذات أربعة صمامات منفصلة لكل اسطوانة أثنان علويان منها لدخول البخار الى جانبي الاسطوانة ومثلها في أسفل الاسطوانه لخروج العادم وشكل ٧١ يبين قطاعا عرضياً في احد صمامات دخول البخار الحر والصمام نفسه من النوع القرصي الذى يتحرك بحركة ترددية رأسية وله أربعة مقاعد أي أن

للبخار أربعة منافذ عندما ينفتح الصمام . ويستمد الصمام حركته من رافعة صغيره (ر) مرتكزة في المنتصف ويحرك طرفها ساق الصمام الى أعلى ضد ضغط زمبلك قوي (ل) ويضغط على الطرف الثاني للرافعه « زناد » (ى) متصل بذراع السنتريك



شكل ٧١ ـ قطاع عرضي في محرك سولزر

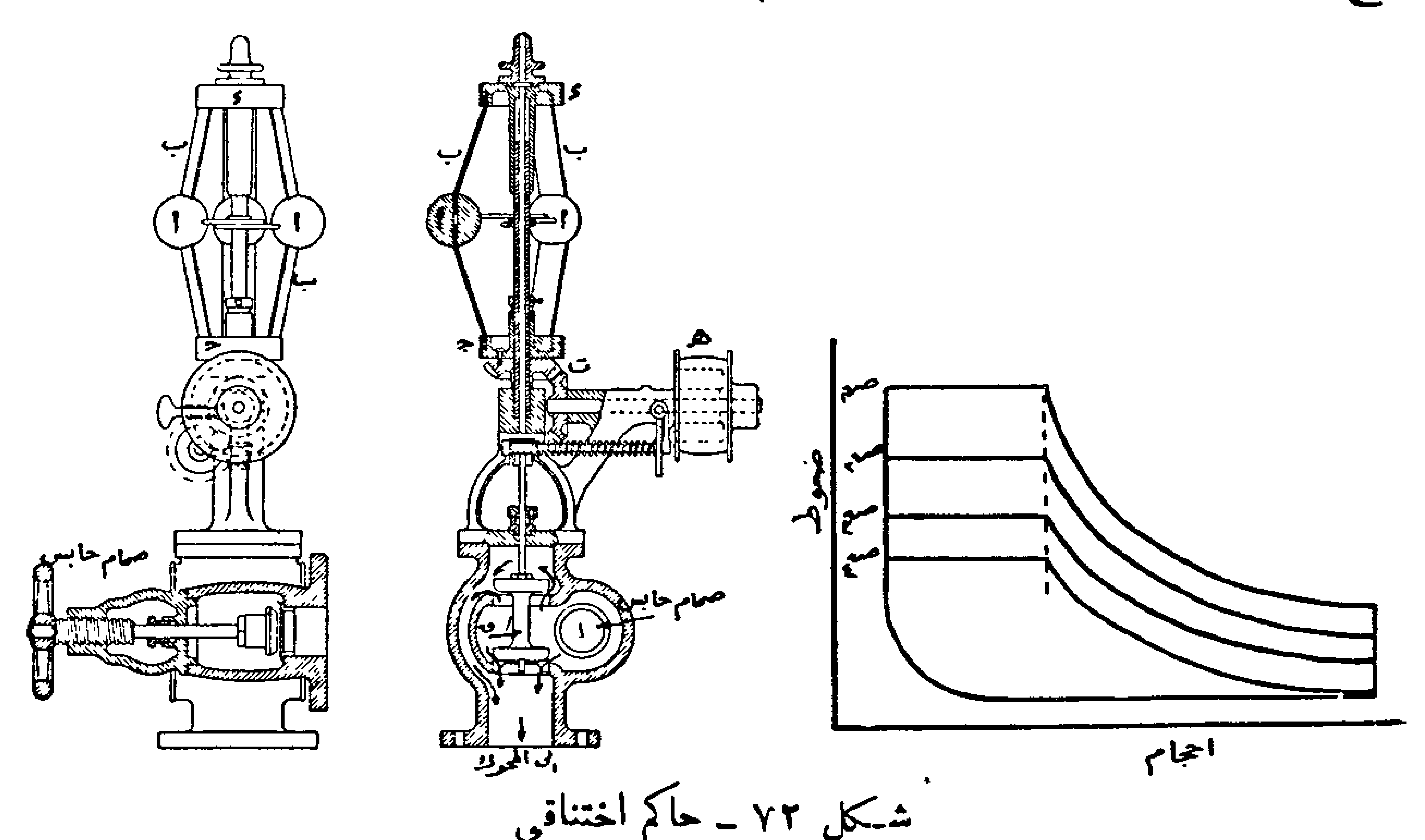
(س) وبساق الحاكم (ص) وهذا الساق يحدد نقطة قطع ايراد البخار تبعا للقدرة المستعملة وسيأتي فيما بعد شرحا مختصرا لعمل الحاكم . ويغلق الصمام عندما ينفلت الزناد من طرف الرافعة (ر) تحت تأثير الزمبلك ل .

٨٧ – **الحاكم** – هو جهاز يركب في المحركات على اختلاف انواعها لايقاف أى تغيير في السرعة عند حدود معينة لا تزيد ولاتقل عن السرعة المتوسطة الا بنسبة ضئيلة فمثلا أذا كان محرك يدور بسرعة متوسطة مقدارها ٣٠٠ لفة في الدقيقه فتكون وظيفة الحاكم في هذا المحرك ان لا يسمح بزيادة هذه السرعه عن ٣٠٣ ولا بنقصانها عن ٢٩٧ لفة في الدقيقة .

وينشأ التغيير في السرعة من زيادة او انخفاض ضغط البخار عرضا اوحدوث تغيير مقصود أو غير مقصود في القدرة المنتفع بها كأن يقطع ايراد الماء في طلمبة يديرها المحرك او ايقاف بعض آلات في ورشة يديرها المحرك وهلم جرا .

ونظرية الحاكم مهما اختلفت أشكاله واوضاعه واحدة لاتتغير وأساسها تأثير القوة المركزيه الطارده لجسم ثقيل يدار بسرعة مناسبة لسرعة المحرك

ولحاكم المحرك البخاري طريقتان لتأدية عمله فأما ان يكون تأثيره على صمام يسمى الصمام الخانق ويوضع في ماسورة أيراد البخار من المرجل قبل اتصالها بالمحرك مباشرة ويسمى الحاكم حينئذ الحاكم الاختناقى وأما ان يكون تأثيرة على نقطة قطع ايراد البخار ويسمى حينئذ الحاكم التمددي .

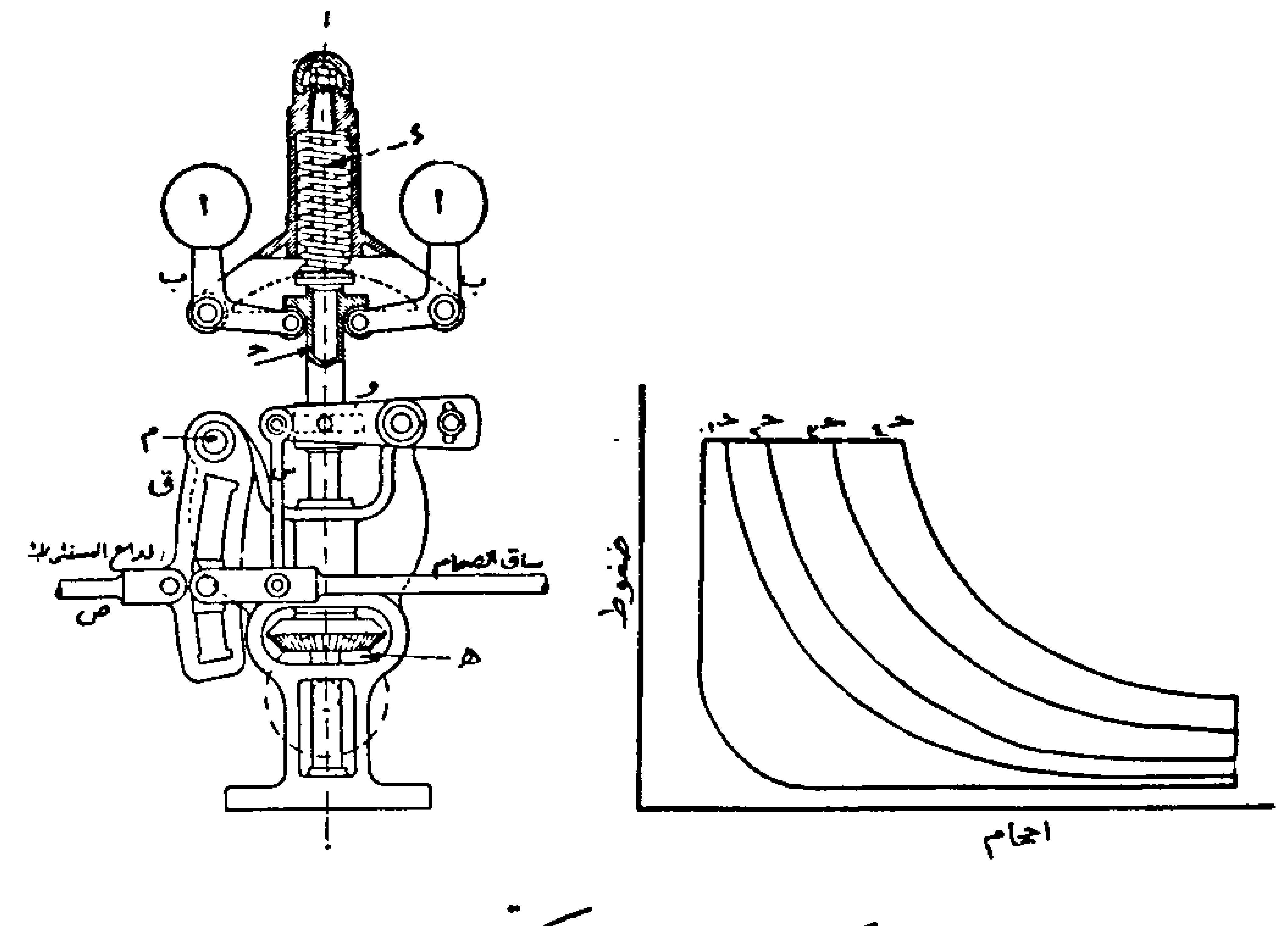


شكل ٧٢ – حاكم اختناقى

وشكل ٧٢ يبين حاكم اختناقي من النوع البسيط وتأثيره على منحني المبين النظرى . ويتركب الحاكم من ثلاث كرات من الصلب (أ) مثبة في ثلاثة يايات

(ب) أطرافها السفلى مثبتة في القطعة (حـ) والعليا في القطعة (ى) وتدار الثلاث كرات بياياتها حول المحور الرأسي بواسطة الترسين (ت) والبكره (ﻫ) التي تستمد حركتها من عامود ادارة المحرك بسير رفيع . وبدوران الكرات الثلاثة تنفرج الى الخارج بتأثير القوة المركزية الطاردة وحيث أن اطراف اليايات السفلى لا يمكنها أن تتحرك رأسيا لذلك تنضغط القطعة (ى) الى أسفل وتحرك معها الساق المركب في صمام الاختناق (ن) فتضيق الفتحة التي يرد منها البخار الى المحرك . وتضبط فتحة الصمام (ن) بحيث ينفذ البخار على ضغط المرجل عندما يكون الحمل على المحرك كاملا . فأذا خف هذا الحمل زادت سرعة المحرك في مبدأ الامر فتزيد سرعة دوران كرات المنظم وتقفل الصمام (ن) حتى يتناسب ضغط البخار الوارد والحمل الواقع على المحرك وبعبارة أخرى يتناسب الشغل الذي يؤديه البخار داخل الاسطوانة والقدرة المنتفع بها وبذلك تعود سرعة المحرك الى ماكانت عليه أي سرعته المتوسطة . والمنحنيات البيانية في شكل ٧٢ تبين تأثير الحاكم على كمية الشغل البيانى الذي يؤديه البخار داخل الاسطوانة بتخفيض ضغط البخار من $ص_١$ وهو ضغط المرجل عندما يكون الحمل كاملا الى $ص_٢$ عندما يكون الحمل ثلاثة أرباع الحمل الكامل و $ص_٣$ عند نصف حمل الخ .

وشكل ٧٣ يبين حاكم تمددي من طراز يختلف تركيبه عن تركيب الحاكم الاختناقى المذكور آنفا . ففي هذا الطراز يوجد كرتان (ا) محمولتان على رافعتين (ب) يضغط طرفيهما على شفة الكم (حـ) ضد ضغط الياي (ى) . وتدور الكرتان بواسطة التعشيقة المسننة (ﻫ) التي تستمد حركتها من المحرك بأي طريقة كانت . فعندما تنفرج الكرتان تحت تأثير القوة المركزية الطاردة يرتفع الكم (حـ) ويرفع معه الذراع (و) والساق (س) الذي يتصل طرفه بساق الصمام وتتحرك نهاية ساق الصمام في مشقبية مقوسة في الرافعة (ن) وهذه الرافعة تهتز حول المركز (م) بواسطة ذراع السنتريك (ص) .



شكل ٧٣ ـ حاكم عددي

ويضبط الحاكم بحيث يكون طرف ساق الصمام مقابلا لطرف ذراع التوصيل عندما يكون الحمل كاملا وبذلك يستمد الصمام حركته من السنتريك وذراعه مباشرة ويقابل ذلك النهاية العظمى لمدى أيراد البخار أي ينقطع أيراد البخار عند النقطه (ح٤) في منحني المبين النظري شكل ٧٣ ويكون الشغل البياني في الاسطوانة نهاية عظمى . فأذا خف الحمل الى نصف الحمل الكامل مثلا زادت السرعة فتحرك الكم (ﺣ) الى أعلا شاداً معه ساق الصمام الى نقطة قريبة من مركز الرافعة (ن) فيقل بذلك شوط الصمام فينقطع أيراد البخار مبكرا عما كان عليه أي عند (ح٢) مثلا فيقل الشغل البيانى بحيث يتناسب والحمل الواقع على المحرك .

وللحاكم أشكال لا تقع تحت حصر تبعا لجهاز توزيع البخار المستعمل وسرعة المحرك ولا يجد القاري صعوبة ما في تتبع طريقة عمل أي طراز منه متى كان ملما بالنظرية الاساسيه .

الفصل السادس

محركات الاحتراق الداخلي

٨٨ – *تعريف ووصف عام* – أتضح مما سبق ان في المحرك البخاري يحرق الوقود في اناء خاص وهو المرجل وتصل حرارته للمحرك بواسطة بخار الماء – ونظريا لايوجد اي مانع من حرق اي صنف من أصناف الوقود المعروفه في فرن المرجل فيمكن استعمال البنزين أو السبرتو مثلا كما يستعمل الفحم اوالمازوت غير ان هـذا غير ممكن عمليا لأن في حرق اي نوع آخر من الوقود غير الفحم الحجري او المازوت اوالمخلفات الزراعية تكاليف باهظه – اولا لارتفاع أسعارها وثانيا لما ينشأ عن حرق الانواع الاخرى من الوقودمن الفقد الحراري مما يبهظ تكاليف القدرة المولده عن هذا الطريق – ففي محركات الاحتراق الداخلي يحرق الوقود داخل الاسطوانه وبذلك يمكن الانتفاع بنسبة كبيره من حرارته لتحويلها الى شغل ميكانيكي مفيد والواقع فعلا ان الجوده الكليه لمحركات الاحتراق الداخلي اكبر بكثير من جودة المحركات البخاريه الترددية بما فيها المرجل – اذ ربما بلغت في محركمن طراز ديزل ٣٥ ٪ في حين ان جودة أحسن محرك بخاري ترددي متوسط الحجم مع مرجله لاتزيد عن ٢٠ ٪ .

ولشدة الحرارة المولده داخل الاسطوانه تحاط اسطوانات المحركات الداخليه الاحتراق بقميص ضيق يجري فيه الماء البارد لتلطيف درجةحرارتها منعا لخوار المادة المصنوعه منه الاسطوانات ولضمان بقاء الخواص التزييتيه للزيت المستعمل لتشحيم سطوح الاحتكاك بين المكبس والاسطوانه وفي بعض المحركات المعرضه لتيار هوائي شديد كالمستعملة في الطيارات والموتوسيكلات وبعض السيارات الصغيره يكتفي بصنع الاسطوانات على شكل يضمن تعريض اكبرمساحه ممكنه لتيار الهواء .

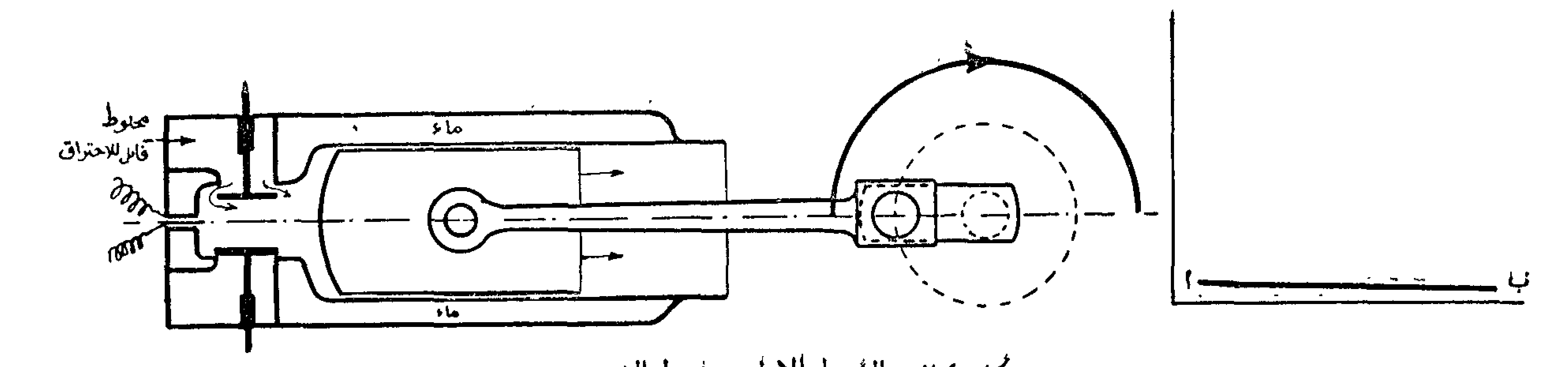
وتركيب محركات الاحتراق الداخلي لا يختلف عن المحركات البخارية سوى في التفاصيل اذ يتحرك مكبس داخل اسطوانه وتتحول حركة المكبس الترددية الى حركة دائرية بواسطة ذراع توصيل ومرفق . غير ان اغلب محركات الاحتراق الداخلي مفردة التأثير اي ان الوسيط الحراري يؤثر على وجه واحد للمكبس لذلك كانت الاسطوانه مفتوحه من أحد طرفيها ويتصل ذراع التوصيل بالمكبس مباشرة فليس هناك ساق للمكبس ولا طربوش ولا ادله الا في بعض محركات ديزل الكبيره القدرة .

الدورات الحراريه لمحركات الاحتراق الداخلي

تشتغل محركات الاحتراق الداخلي بكافة انواعها على احدى اربعة دورات :ــ (١) دورة أتو الرباعيه الاشواط (٢) دورة كلارك الثنائية الاشواط (٣) دورة ديزل الرباعية الاشواط (٤) دورة ديزل الثنائية الاشواط ــ ويندر ان يوجد محرك يشتغل على دورة خلاف ذلك .

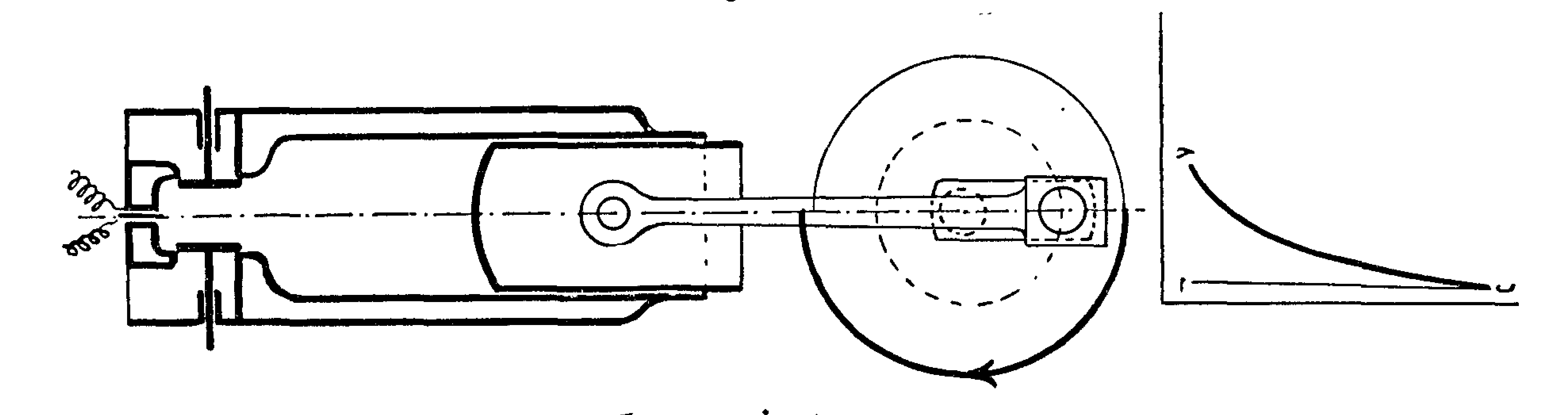
٨٩ ــ **دورة أتو الرباعيه الاشواط** ــ تستغرق هذه الدوره اربعة أشواط للمكبس أي لفتين كاملتين لزر المرفق . والاشكال من ٧٤ الى ٧٧ تبين بطريقة تخطيطيه ما يحدث في كل شوط من هذه الاشواط .

ويلاحظ انه في هذه الدوره لا يوجد سوى شوط واحد من الاربعه أشواط يؤدى فيها الوسيط الحراري شغلا بتحريكه للمكبس ــ فيكون بذلك الشغل الناتج هو الفرق بين الشغل الذي يؤديه الوسيط الحراري والشغل الذي يؤديه المحرك وتمثل المساحه المظلله في شكل ٧٧ الشغل المفيد الذى يعمله الوسيط اوالشغل البيانى للمحرك . وسيأتي الكلام فيما بعد عن كيفية حساب القدره البيانيه من كرت المبين عند وصف انواع المحركات المختلفه .



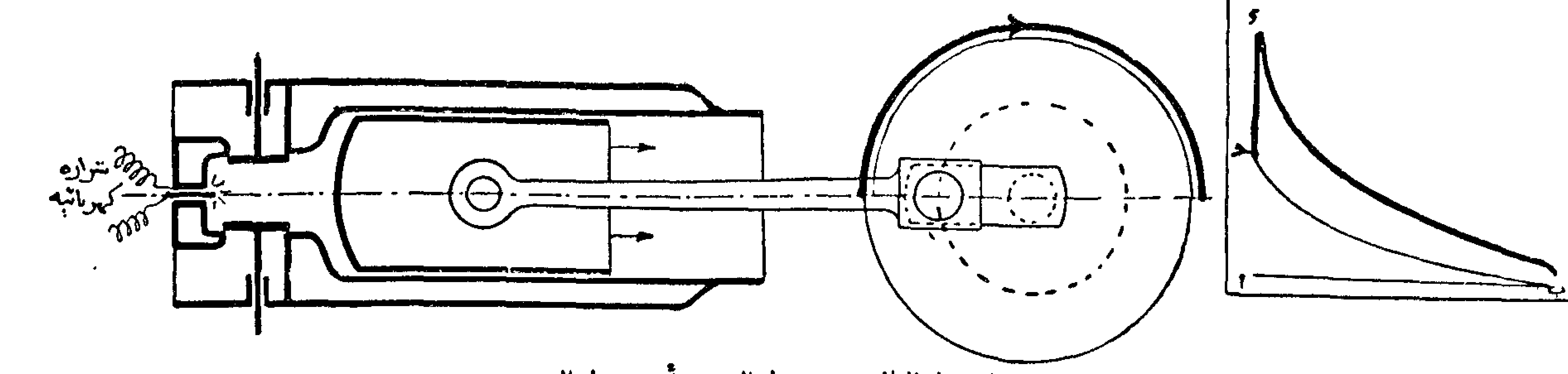
شكل ٧٤ ـ الشوط الاول ـ شوط الشحن

يتحرك المكبس الى الخارج ويسحب مخلوط قابل للاحتراق من الوقود المتبخر والهواء وفي أثناء هذا الشوط يكون صمام الدخول مفتوحا . والتمثيل الغرافي لهذا الشوط مبين بالخط ا ب في المنحني البياني ويبتديء عند ا حيث الضغط جويا ويقل الضغط تدريجيا الى نهاية الشوط حيث يكون الضغط عند ب أقل من الضغط الجوي بمقدار طفيف . وعند نهاية الشوط تكون الاسطوانة مملوءة بشحنة من المخلوط .



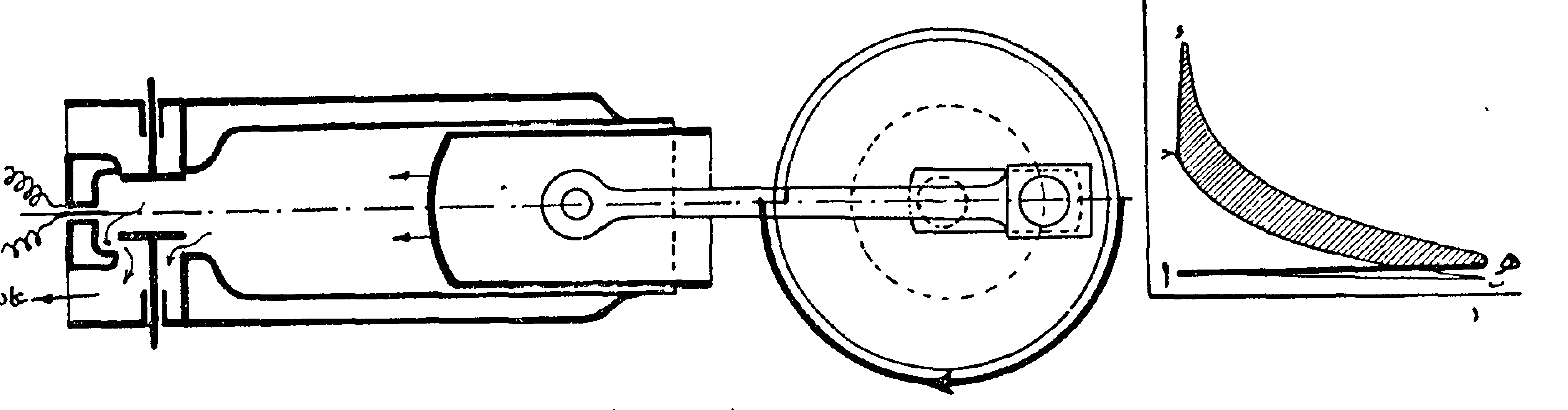
شكل ٧٥ ـ الشوط الثانى ـ شوط الكبس

تكون جميع الصمامات مغلقة أثناء حركة المكبس الى الداخل ضاغطا المخلوط الى أن يشغل الحيز المكون بين رأس المكبس وجدران « خزنة الاحتراق » . ويمثل هذا الشوط غرافيا بالمنحني ب ج .



شكل ٧٦ ـ الشوط الثالث ـ شوط التمدد أو شوط التشغيل

ما زالت جميع الصمامات مغلقة ـ يشعل المخلوط بشرارة كهربائية مثلا فيرتفع الضغط لدرجة عظيمة بما يشبه فرقعة البارود ويندفع المكبس الى الخارج وحيث أن التهاب المخلوط لا يستغرق الا برهة وجيزة لذلك يقل الضغط تدريجيا أثناء هذا الشوط وبمعنى آخر تتمدد الغازات المضغوطه من ى الى هـ في الرسم البياني



شكل ٧٧ ـ الشوط الرابع ـ شوط الصرف

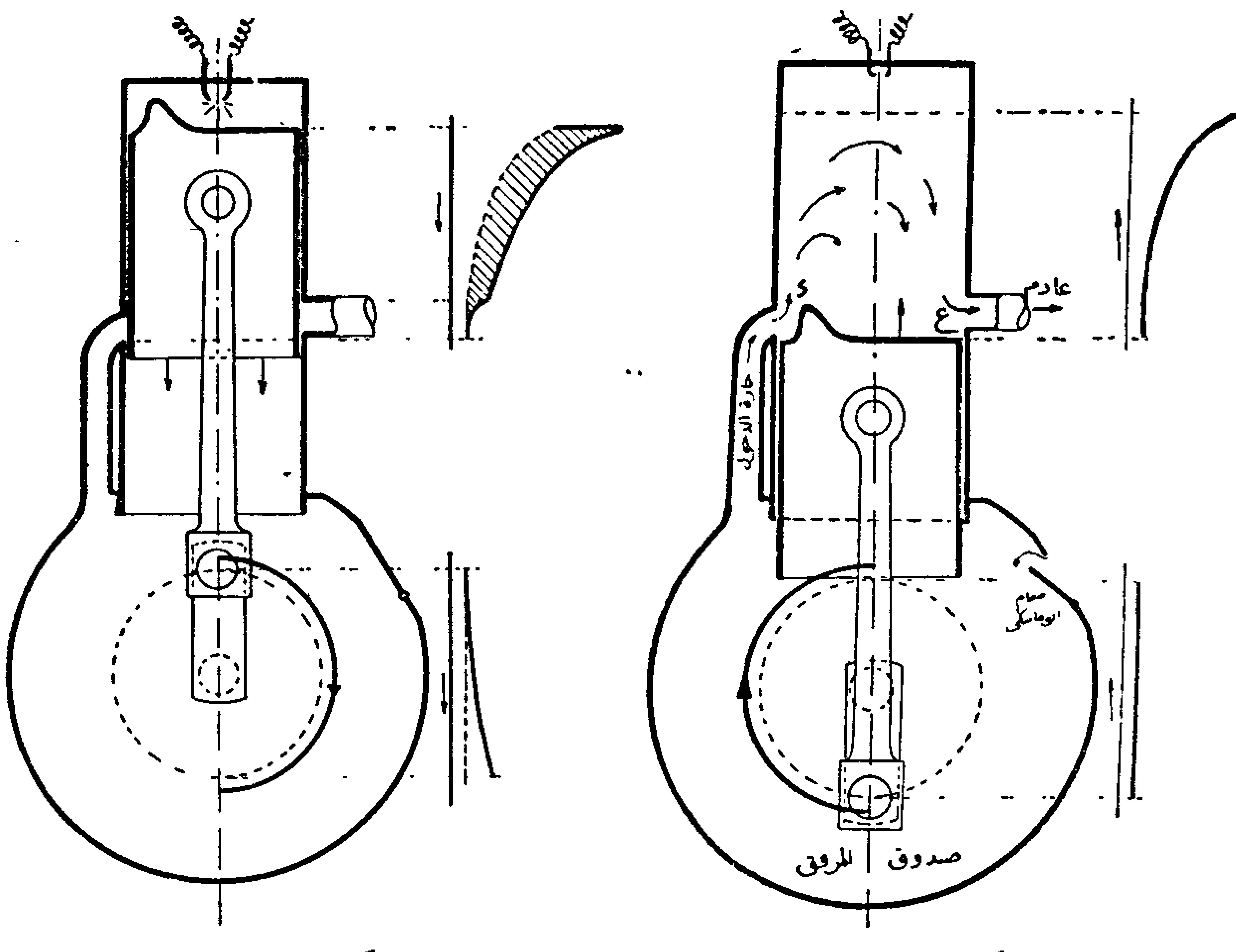
ينفتح صمام العادم قبل ابتداء هذا الشوط بقليل وأثناؤه . فتنصرف غازات الاحتراق ثم يدفع المكبس ما تبقى منها الى نهاية الشوط حيث تعود الحالة الى ما كانت عليها عند ابتداء الشوط الاول . ويمثل هذا الشوط بالخط هـ ا .

٩٠ — **دورة كلارك الثنائية الاشواط** — في هذه الدورة يوجد شوط تشغيل في كل لفة للمحرك وبذلك يمكن نظريا للمحرك الثنائي الدورة توليد ضعف القدرة التى يولدها محرك مساو له في الحجم يشتغل على دورة رباعية . وهذا غير متيسر في الواقع لاعتبارات عملية سيأتى ذكرها فيما بعد . وشكل ٧٨ يبين بطريقة تخطيطية محرك ثنائي الاشواط واختلافه الجوهري عن المحرك الرباعي الاشواط ينحصر فيما يأتي : —

أولا — يستعمل الوجه الخلفي للمكبس في سحب شحنة الوقود والهواء ثم كبسها الى ضغط خفيف داخل حيز محكم وراء المكبس وفي محركات كثيرة يستعمل صندوق المرفق لهذا الغرض .

ثانياً — لا توجد صمامات متحركة في رأس الاسطوانة بل تدخل الشحنة وتخرج العادم من فتحات في جدار الاسطوانة في أوقات تتعين بوضعها بالنسبة لشوط المكبس كما سيتضح من شرح الدورة . وفي خلو هذه المحركات من الصمامات المتحركة ميزة عظيمة من حيث بساطة التركيب وسهولة الفك والربط وعدم تعرضها للتلف بسرعة .

أفرض أن المكبس في النهاية العليا لشوطه وأن هناك مخلوط من الوقود والهواء صار اشعاله دافعا المكبس الى اسفل حتى اذا كشفت حافة المكبس عن فتحه العادم (ع) انصرفت الغازات المحترقه التي تكون على ضغط اعلا بكثير من الضغط الجوي وفي اثناء هذا الشوط يضغط الوجه الخلفي للمكبس المخلوط الذي بداحل صندوق المرفق الى ما يقرب من ½ كج على السنتيمتر المربع فوق الضغط الجوي . وباستمرار حركة المكبس الى اسفل تكشف حافته عن فتحه الدخول (ى) المتصله بصندوق المرفق فتنتقل الشحنه المضغوطه فيه الى الاسطوانه وفي الشوط الثانى يبتديء ضغط الشحنه بعد ابتداء الشوط بقليل أي عند اللحظه التى تغطي فيها حافة المكبس فتحتي الدخول والعادم ويستمر الضغط الى نهاية الشوط تقريبا ثم تشعل الشحنه . وفي اثناء هذا الشوط يستعمل الوجه الخلفي للمكبس لسحب شحنه جديده من مخلوط الوقود والهواء الى داخل صندوق المرفق استعدادا للدورة التاليه .



شكل ٧٨

الغازات المحترقة تنصرف من فتحة العادم ع

المخلوط ينتقل من صندوق المرفق الى الاسطوانة عن طريق حارة الدخول ى

المكبس في بدء شوطه الى أعلا

يبتدىء كبس المخلوط داخل الاسطوانة عندما تغطي الحافة العلوية للمكبس فتحتي العادم والدخول .

يبتديء سحب المخلوط داخل صندوق المرفق عند ما يقل الضغط فيه عن الضغط الجوي فينفتح الصمام الاوتوماتيكي من تلقاء نفسه .

شكل ٧٩

المكبس في نهاية شوطه الى أعلا (شوط الكبس)

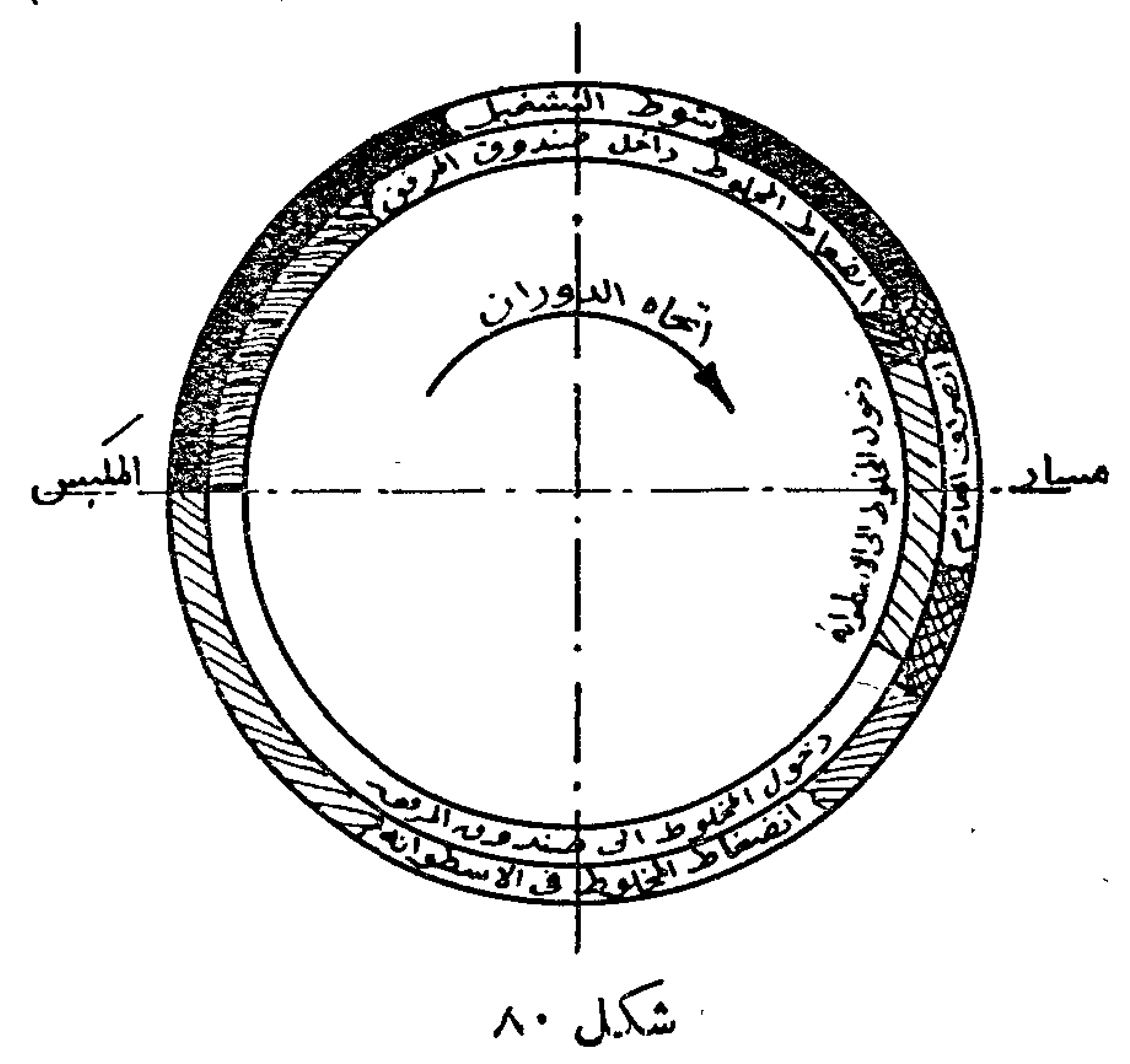
يشعل المخلوط

يندفع المكبس الى أسفل

يزيد الضغط داخل صندوق المرفق عن الضغط الجوي فيقفل الصمام الاوتوماتيكي و ينضغط المخلوط داخل صندوق المرفق .

في اثناء هذا الشوط تكشف حافة المكبس عن فتحة العادم أولا فتنصرف الغازات المحترقة ويقل الضغط داخل الاسطوانة. ثم تكشف فتحة الدخول فتنتقل الشحنة من صندوق المرفق الي الاسطوانة .

يتضح مما سبق أن هذه الدورة لا تختلف عن الدورة الرباعية الاشواط الا في استعمال الوجه الخلفي للمكبس في تأدية أحدى العمليات الاربع التى كان يؤديها وجه واحد للمكبس في الدورة الرباعية وهى عملية سحب المخلوط . ثم أن عملية

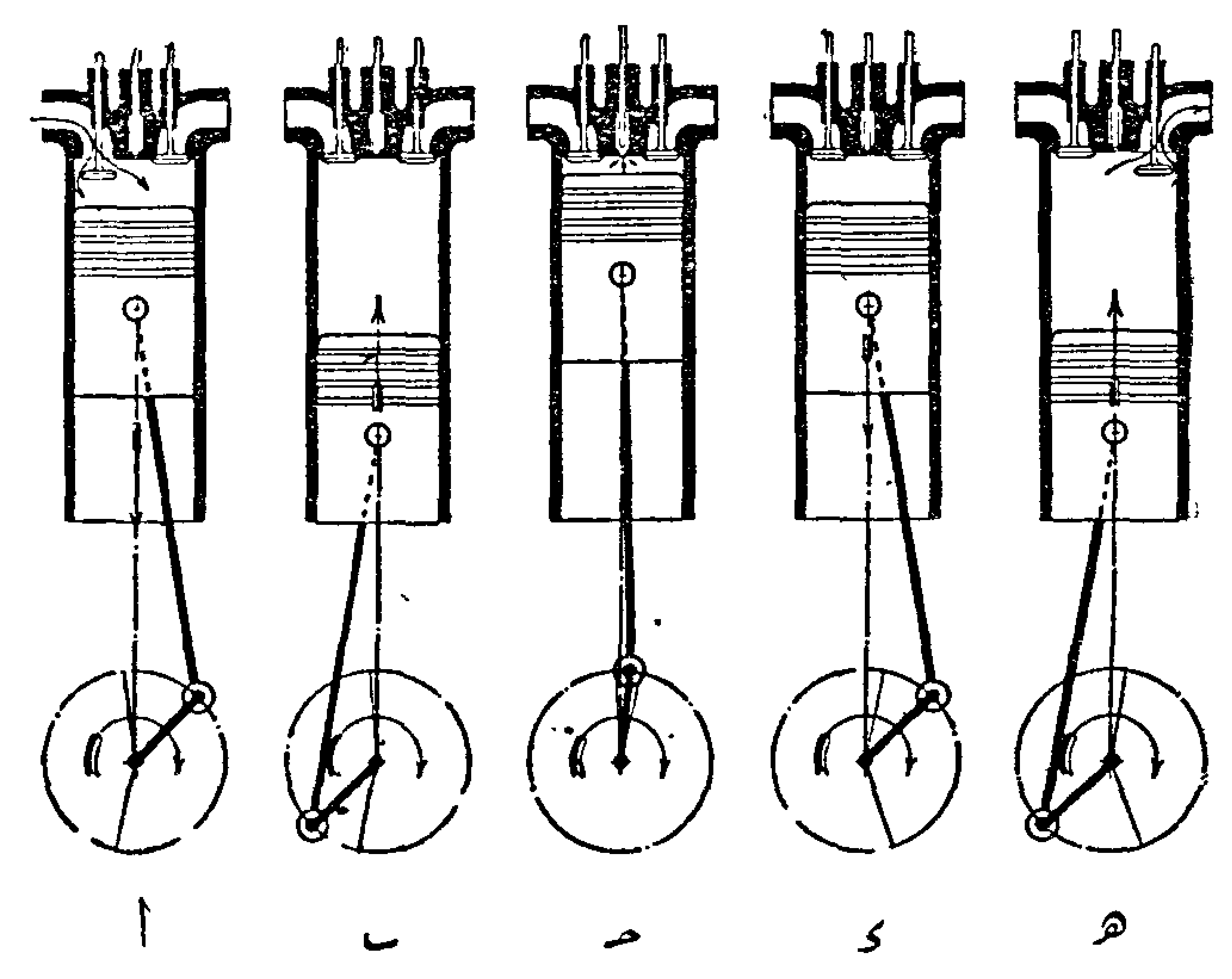


شكل ٨٠

أخرى وهى عملية صرف الغازات المحترقة لا تستغرق سوى جزء صغير من كل من شوط التشغيل وشوط الضغط. وفي بعض انواع المحركات تستعمل طلمبة خاصة لايصال شحنة الهواء أو المخلوط الى داخل الاسطوانة . وشكل ٨٠ يبين مدى حركة المرفق لعمليات الدورة الثنائية الاشواط .

٩١ — *دورة ديزل الرباعية الاشواط* — تختلف هذه الدورة عن دورة أتو في امرين . أولها أنه في شوط الشحن يسحب المكبس هواء خالصاً وليس مخلوطا قابلا للاحتراق وثانياً أن احتراق الوقود يستغرق زمناً يقدر بين $\frac{1}{12}$ و $\frac{1}{8}$ شوط التمدد أي أن الاحتراق يحدث على ضغط ثابت وليس على حجم ثابت كما في دورة أتو . وشكل ٨١ يبين تفصيل عمليات دورة ديزل الرباعية الاشواط مرتبة من اليسار الى اليمين بحسب ترتيب حدوثها . وقد اصبح لمحركات ديزل مكانة عظيمة في الوقت الحاضر لما يترتب على استعمالها من

وفر في أستعمال الوقود لذلك سنفرد لهذه المحركات باباً خاصاً يبحث في أنواعها وطرق تشغيلها بأكثر تفصيل مما جاء عن المحركات الاخرى .



شكل ٨١ — دورة ديزل الرباعية الاشواط

ا — شوط السحب . يتحرك المكبس الى اسفل ماصا شحنة من الهواء الخالص من خلال صمام الدخول المفتوح .

ب — شوط الضغط — يتحرك المكبس الى أعلا ضاغطا شحنة الهواء الى ضغط عال .

ح — الاشعال — قبل نهاية شوط الضغط بقليل يحقن كمية صغيرة من زيت الوقود المستعمل فتشتعل من جراء أرتفاع درجة حرارة الهواء المضغوط داخل الاسطوانة .

د — شوط التشغيل — يستمر حقن الوقود لمدة قصيرة من الشوط الثالث وبعد ذلك يستمر اندفاع المكبس الى اسفل بتأثير ضغط المخلوط المحترق .

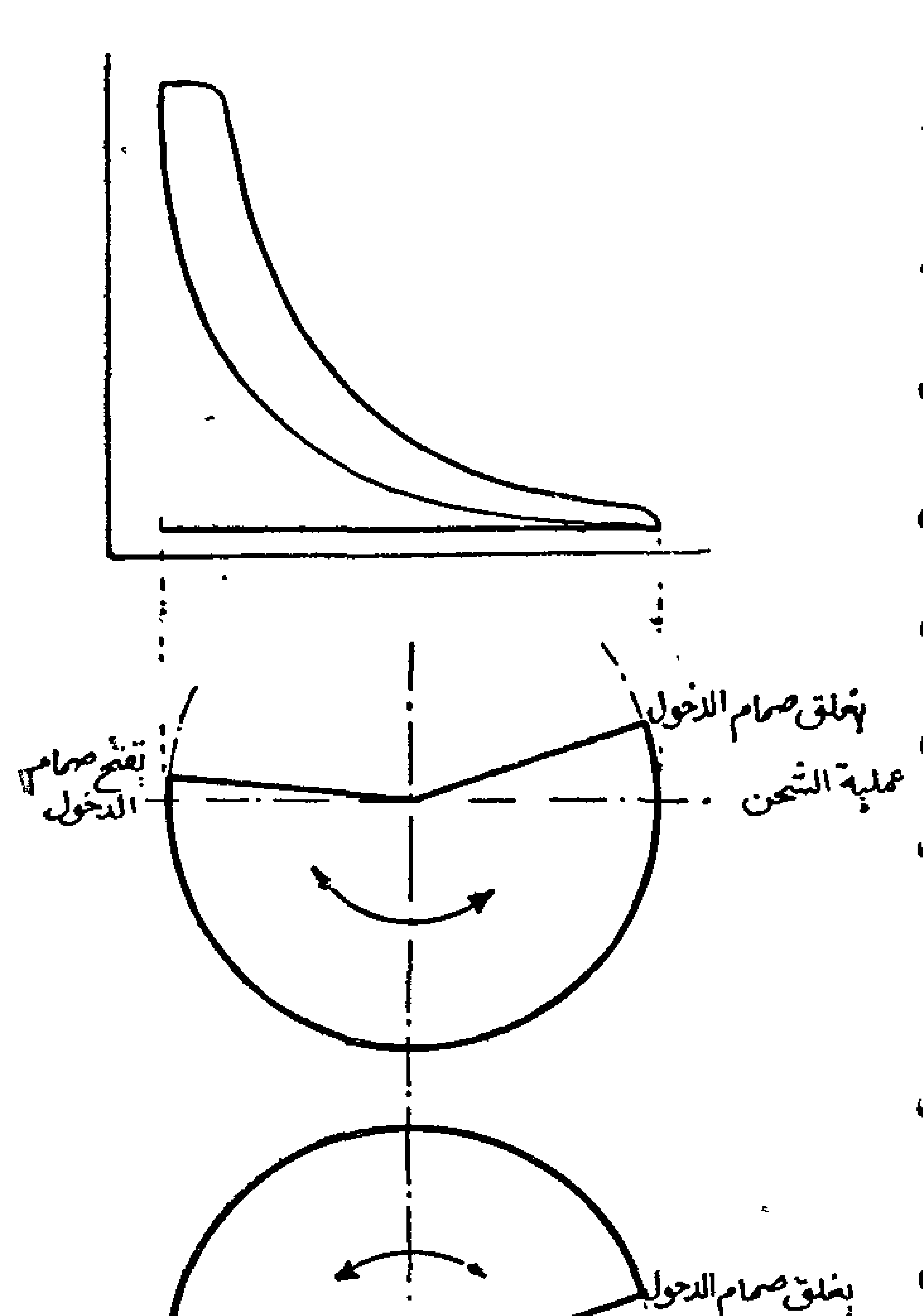
ه — شوط العادم — يعود المكبس الى أعلا في شوطه الرابع ويكون حينئذ صمام العادم مفتوحاً فتنصرف غازات الاحتراق الى الخارج .

وشكل ٨٢ يبين مواضع المرفق المناظرة لبدء ونهاية العمليات المذكورة آنفا . وفي أعلا الشكل المنحني البياني النظري للمحرك .

٩٢ ـ دورة ديزل الثنائية الاشواط ـ وتختلف عن دورة كلارك الثنائية الاشواط كما تختلف دورة ديزل الرباعية الاشواط عن دورة أتو أي أن الشحنة من الهواء الخالص كما أن احتراق الوقود يحدث على ضغط ثابت اثناء جزء صغير من شوط التشغيل .

٩٣ ـ تقسيم محركات الاحتراق الداخلي بحسب نوع الوقود المستعمل في ادارتها ـ يمكن تقسيم هـذه المحركات الى أربعة أنواع من حيث صنوف الوقود المستعملة : ـ

(١) محركات الغاز ويستعمل فيها أما غاز الاستصباح المعروف أو غاز «المنتج» المستخرج من انواع الفحم الفقيرة في المواد الطيارة مثل فحم الكوك والانتراسيت وفحم الخشب الخ .



شكل ٨٢ ـ مواضع المرفق المناظرة لبدء ونهاية العمليات في دورة ديزل الرباعية الاشواط

(٢) محركات البنزين ويستعمل فيها البنزين المقطر من الزيوت المعدنية الخام وتتراوح كثافته من ٠٫٧٠ الى ٠٫٧٣ .

(٣) محركات البترول ويحرق فيها زيت البترول الابيض (الكيروسين) وتختلف كثافته من ٠٫٧٨ الى ٠٫٨٣

(٤) محركات الزيت الثقيل ويستعمل فيها ما يسمى المازوت وهو الزيت الذي يتقطر من الزيت الخام بعد تقطير البنزين والبترول الابيض وتختلف كثافته من ٠٫٨٧ الى ٠٫٩٣ وتنقسم هذه المحركات الى نوعين :ــ

أ ــ محركات ديزل وهى ما يكون فيها أشعال الوقود مترتبا على ارتفاع درجة حرارة الهواء المضغوط في شوط الضغط ويصل الضغط في هذه المحركات الى ٤٥ كج على السنتيمتر المربع أو اكثر .

ب ــ محركات نصف ديزل وهي ما يكون فيها أشعال الوقود مترتباً على أرتفاع درجة حرارة السطح المعدنى لخزنه الاحتراق أو رأس الاسطوانة . ويكون أنضغاط الهواء في هذه المحركات أخف من درجة أنضغاطه فى محركات ديزل أي بين ٢٠ و ٢٥ كج على السنتيمتر المربع .

٩٤ *محركات الغاز* ــ يندر جداً أستعمال غاز الاستصباح فى مصر لأدارة هذه المحركات وذلك لغلاء ثمن هذا الغاز من جهة ولان هذا الغاز لا يحضر الا في المدن الكبيرة لذلك كانت الاغلبية الساحقة لاصحاب محركات الغاز يفضلون أستعمال غاز المنتج المستحضر بجوار المحرك في أفران خاصة يحرق فيها فحم الانتراسيت غالباً . ومتوسط التركيب الحجمي لغاز المنتج هو كما يأتى :ــ

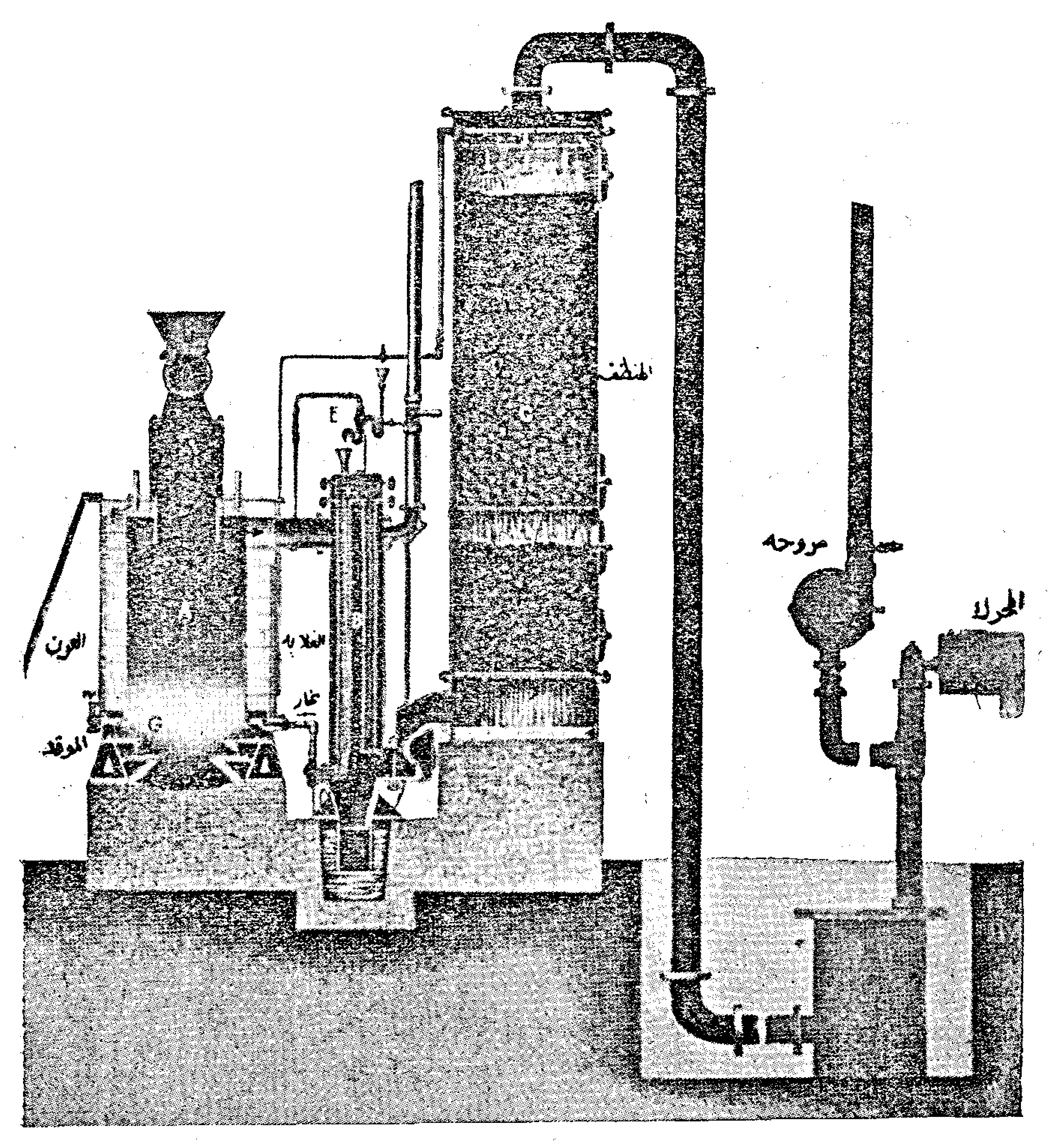
أول أكسيد الكربون (CO) = ٢١ ٪

أيدروجين (H_2) = ٥ ٪

والباقي وهو ٧٤ ٪ معظمه نيتروجين وقليل من الاوكسيجين وثاني أكسيد الكربون وكلها غازات غير ملتهبة والقدرة الحرارية للمتر المكعب من هذا الغاز لا تزيد عن الالف كالوري ويحتاج المتر المكعب من الغاز الى متر مكعب ونصف من الهواء لكي يحترق احتراقاً تاماً .

ونظرية تحضير غاز المنتج تنحصر في حرق كربون الفحم مع كمية غير كافية

من الهواء فبدلا من أن يتحول الكربون الى ثاني اكسيد الكربون وهذا ما يحدث في افران المراجل يستحيل الكربون الى أول أكسيد الكربون لان أكسيجين الهواء غير كاف لاستحالته الى ثاني أكسيد الكربون وشكل ٨٣



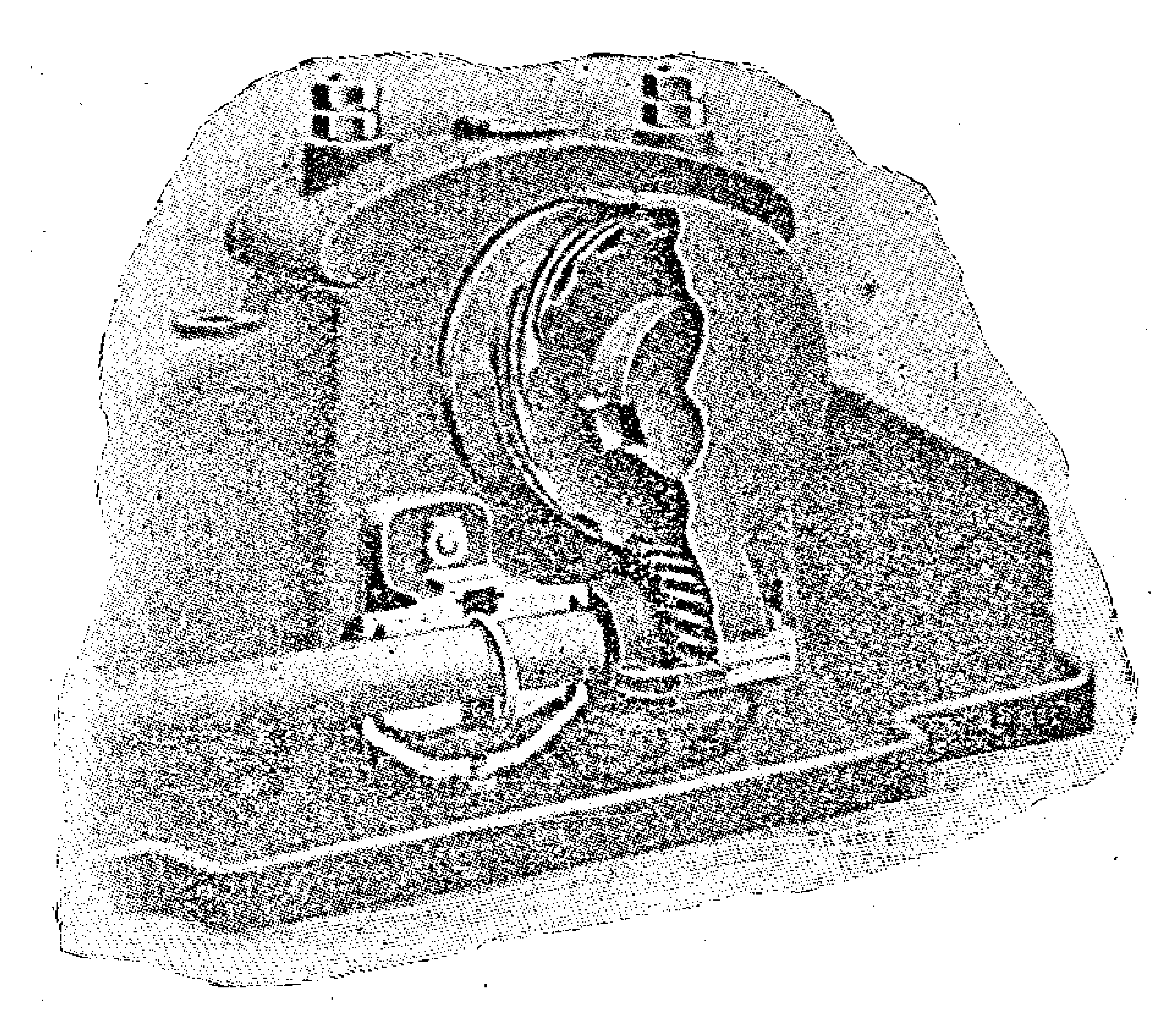
شكل ٨٣

يبين احد أنواع منتجات الغاز من صنع شركة كروسلي ويتكون من الفرن A والغلاية B والمنظف C . والفرن A عبارة عن غلاف اسطواني من الصاج المبطن بطوب الحرارة بأسفله موقد G وبأعلاه مغذ للفحم D . ولتوليد الغاز توقد

الطبقة السفلى من الوقود ويسحب الهواء في المجموعة بواسطة مروحه صغيرة حتى يصير الغاز المستحضر صالحا للاستعال في المحرك وعندئذ يدار المحرك وتوقف المروحة أذ أن شوط سحب مكبس المحرك كافيا لسحب الهواء اللازم من خلال الوقود وتحويله الى غاز .

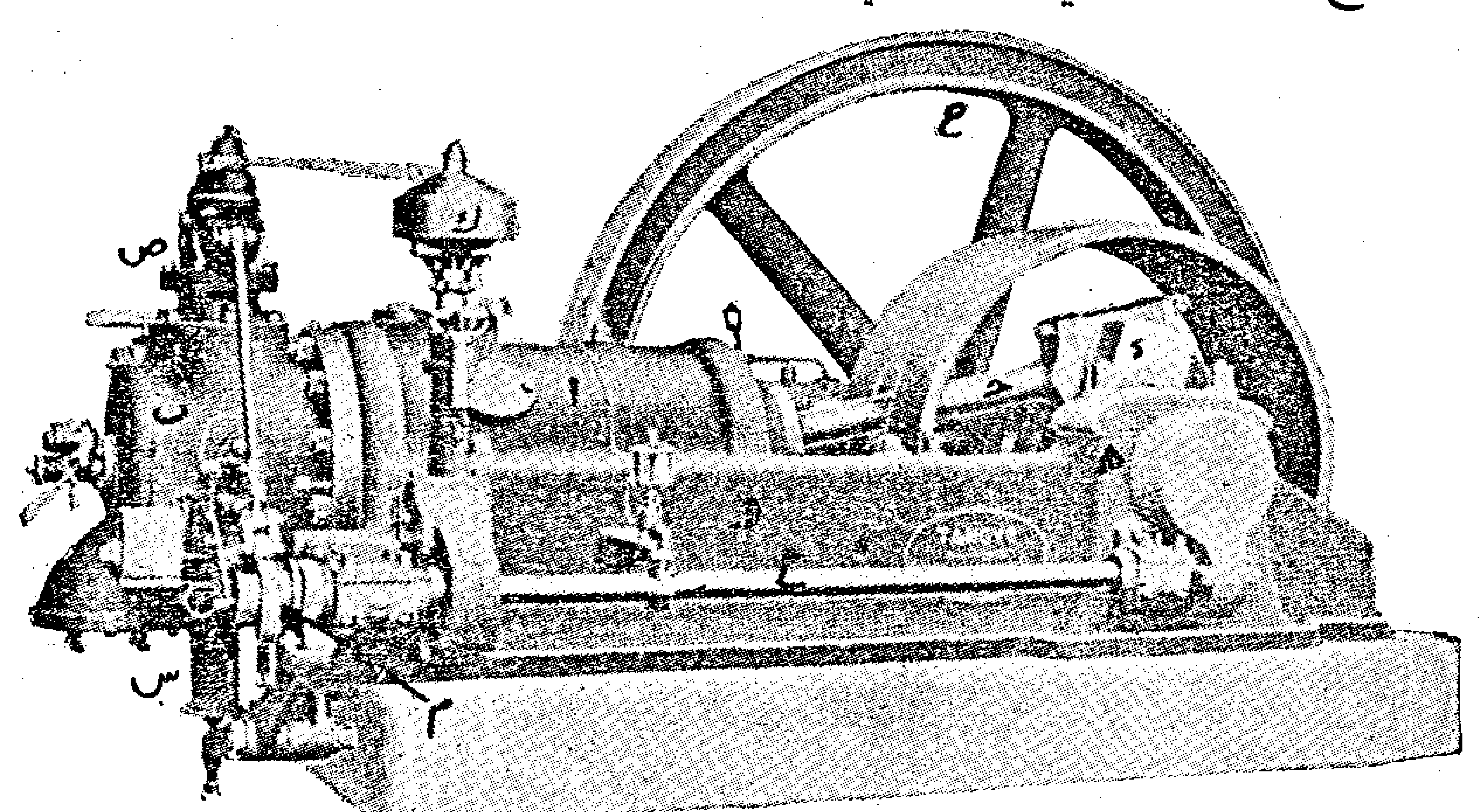
يمر الغاز المتولد في الفرن من خلال الغلاية B وهى عبارة عن غلاف من الصاج داخله مواسير رأسية مملوءة بالماء الذي يتبخر من حرارة الغاز المار حولها في طريقه الى المنظف . وينفذ البخار المتولد على هذا النحو الى الفرن حيث تتفكك جزئياته الى ايدروجين يختلط مع الغاز المتولد في الفرن والى اوكسجين يستحيل الى اول أكسيد الكربون بتفاعله الكيائي مع الكربون . ويبرد الغاز كما ينظف من المواد الغريبة التي تعلق به مثل تراب الفحم والزيوت الثقيلة المستقطرة من الفرن بمروره من خلال طبقات فحم الكوك المحفوظة في المنظف C والتي يتساقط عليها شآبيب الماء البارد . وبذاك ينفذ الغاز الى المحرك خالياً من القاذورات وعلى درجة حرارة الهواء الخارجي .

٩٤ — *تفاصيل المحرك* — لاتختلف محركات الغاز عن بعضها ألا في تفاصيل خزنة الاحتراق بما فيها من صامات وكذا في التعشيقة التي تحرك الصامات وكيفية عمل منظم السرعة وبوجه الاجمال ففي جميع محركات الاحتراق الداخلي بكافة أنواعها تقريباً تستمد الصامات حركتها من كامات مثبتة في عامود جانبي يدار بنصف سرعة العامود الرئيسي للمحرك بواسطة تعشيقة مسننة كما هو مبين في شكل ٨٤ « والكام » عبارة عن قرص ثلثي محيطه مستدير والثلث الباقي بارزا بدرجة تتعين بالحركة المطلوبة للصام ولا يمكن الخوض في هذا الموضوع بأكثر من الاشارة السابقة ويكفي القاريء أن يعلم أن هذه الكامات هى وسيلة نستمد بها حركة ترددية من حركة دورانية وهى في ذلك تشبه المرفق والسنتريك الذي سبق ذكرهما في الفصول الخاصة بالمحرك البخاري .



شكل ٨٤ ــ التعشيقة المسننة لادارة عامود الكامات

والاشكال من ٨٥ الى ٨٩ تبين بعض تفاصيل مأخوذة من محركين غازيين من صنع شركتي تانجي وكروسلي وبجانب كل شكل شرح لاجزائه المختلفة .



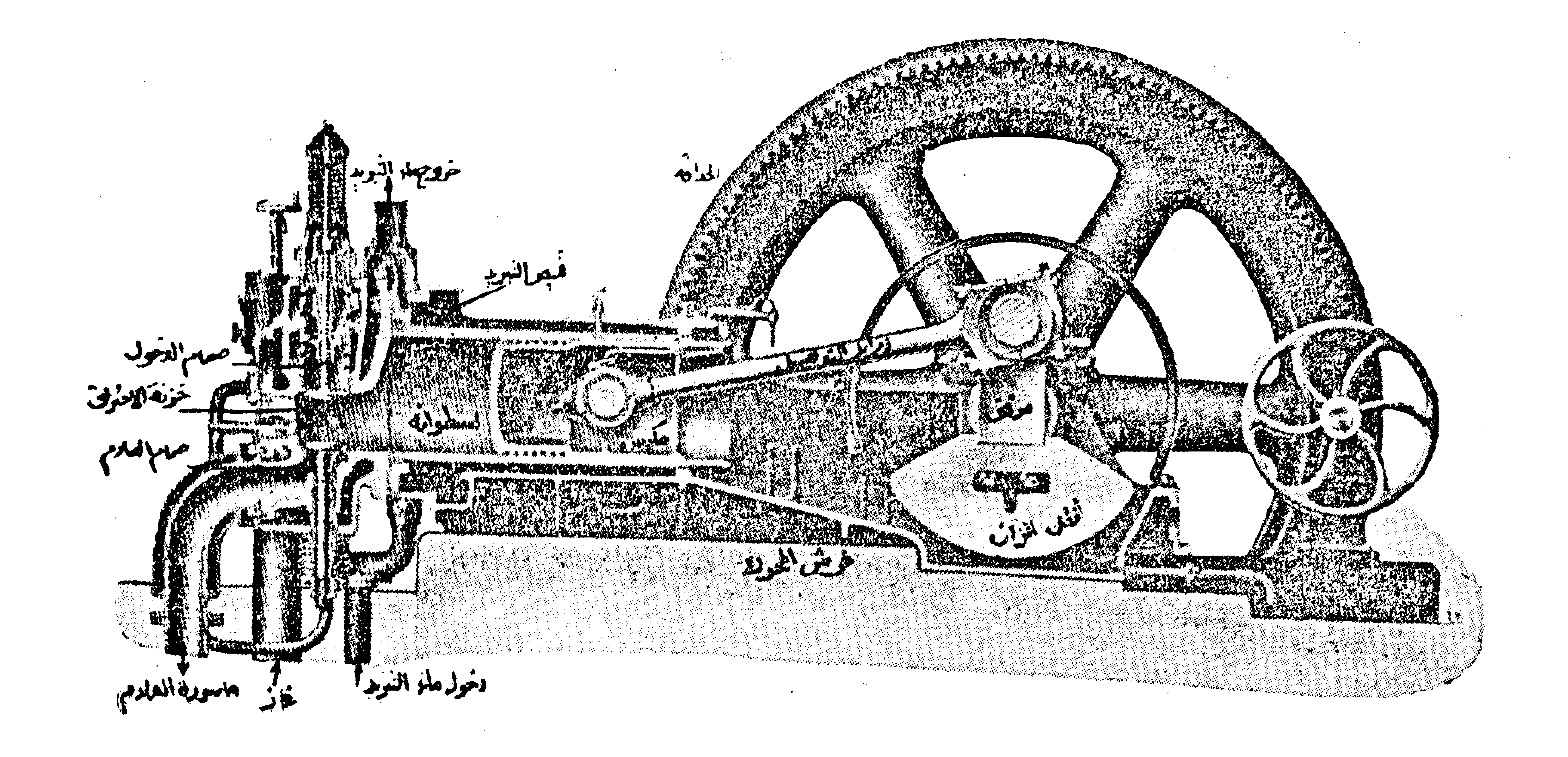
شكل ٨٥ ــ منظر عام لمحرك غازي من صنع شركة تانجي

ا ــ الاسطوانةوقميص التبريد ه ــ أحدالكراسي الرئيسية ك ــ الحاكم

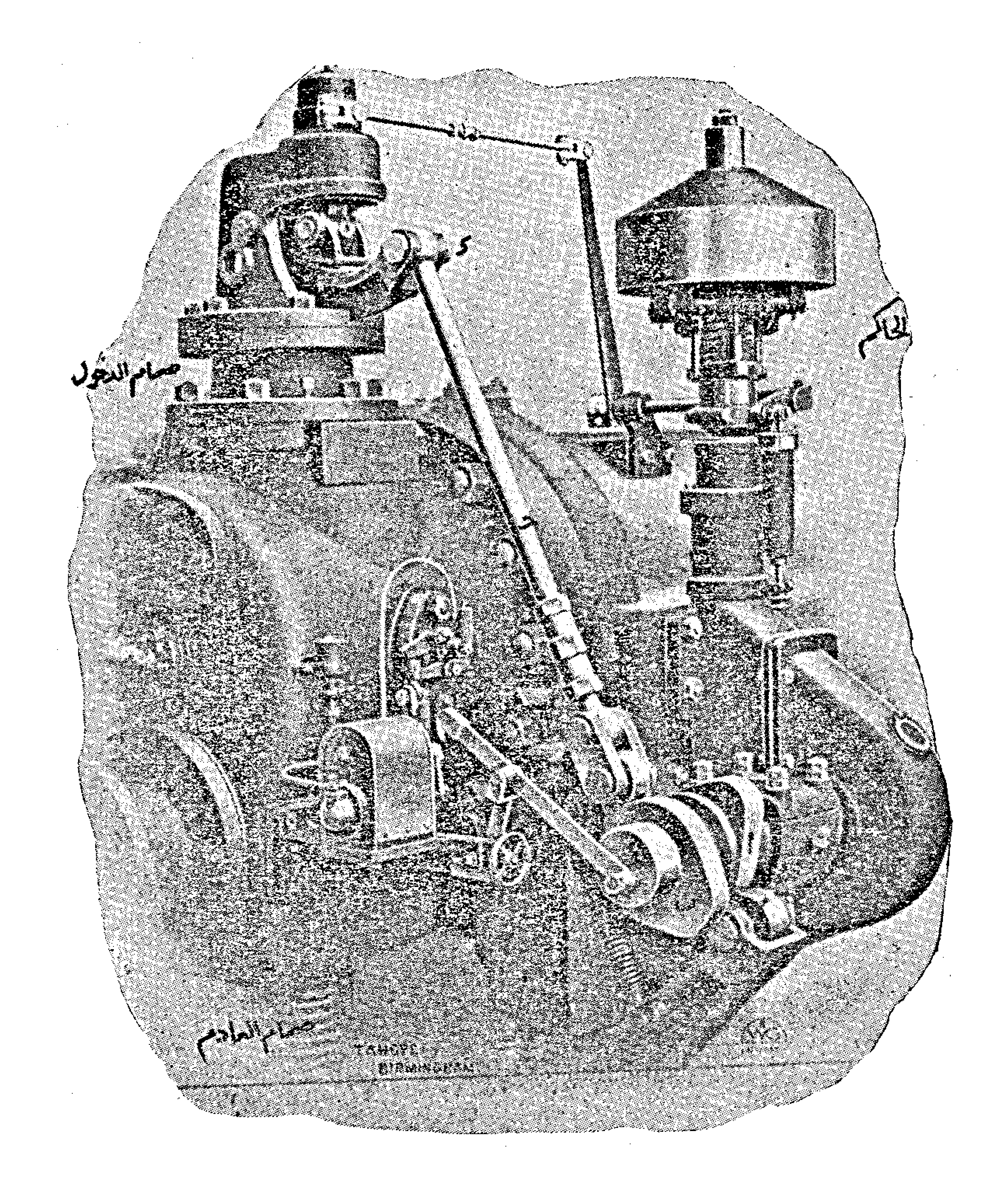
ب ــ خزنة الاحتراق و ــ فرش المحرك م ــ كامات حركة الصمامات

حـ ــ ذراع التوصيل ع ــ الحدافة ص ــ صمام دخول الغاز والهواء

ء ــ المرفق غ ــ عامود الكامات س ــ صمام العادم



شكل ٨٦ — قطاع رأسي في محرك غازي من صنع شركة كروسلي



شكل ٨٧ – تعشيقة حركة صمام الدخول بما في ذلك اتصال الحاكم – نظام تانجي

أ – كام صمام الدخول

ب – كام صمام العادم

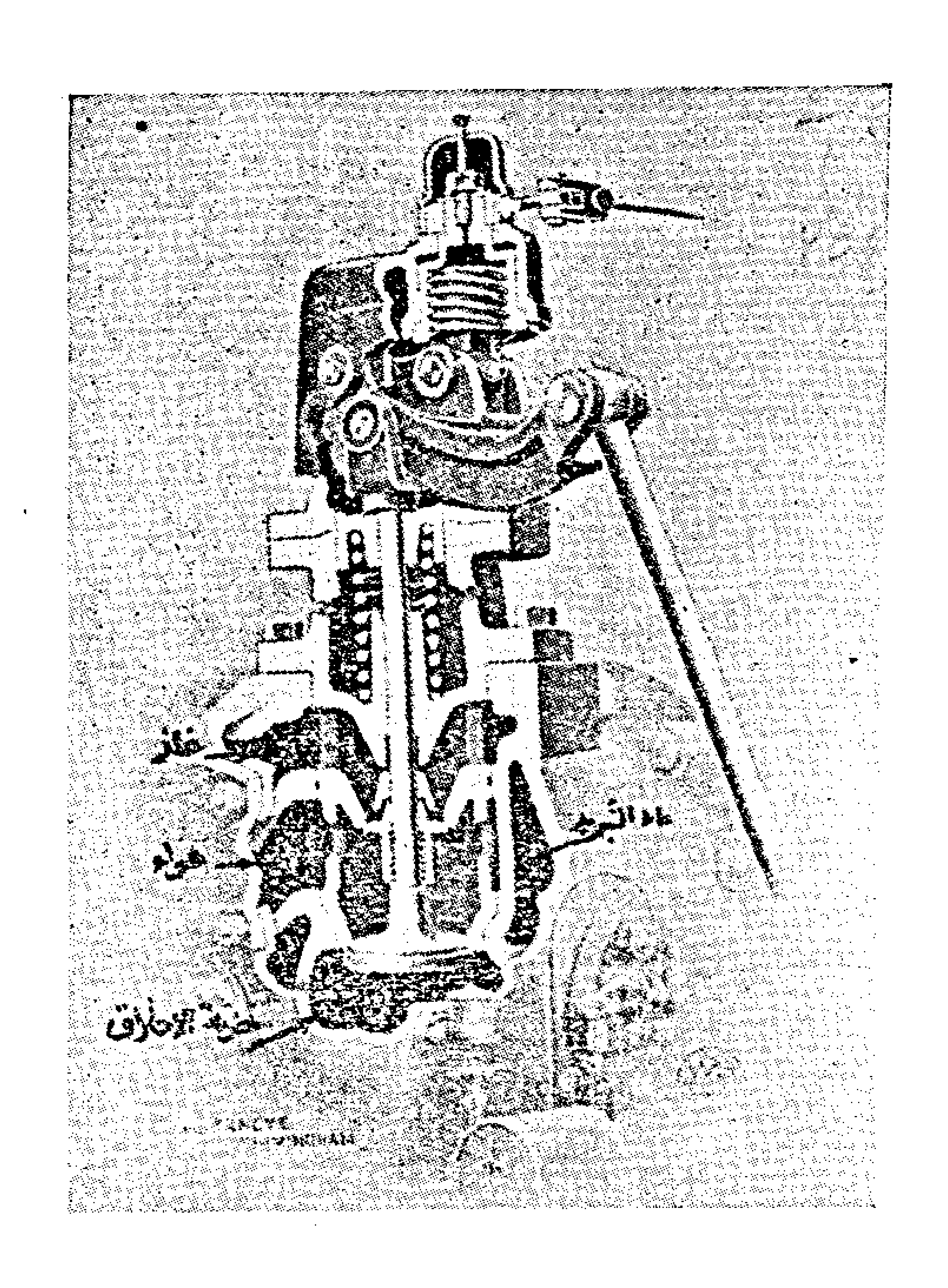
حـ – ساق صمام الدخول

ى – رافعة صمام الدخول

هـ – مولد كهربائي (ماجنيتو)

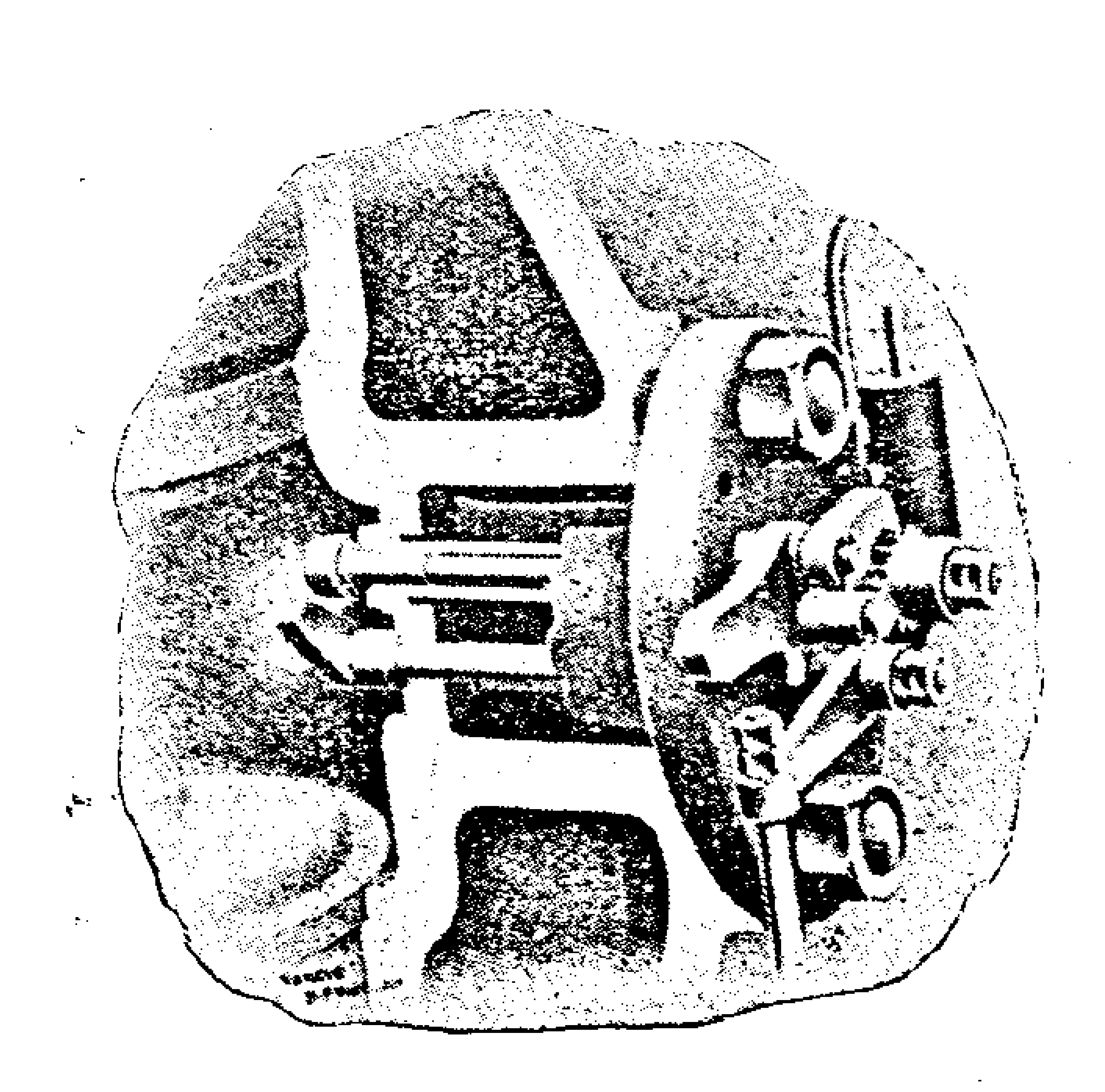
و – خطاف تشغيل المولد

ز – شمعة ضرب الشرارة



شكل ٨٨ ـ قطاع رأسى في صمام الدخول

ويتركب صمام الدخول المبين بشكل ٨٨ من صمام رئيسي ص مركب على ساقه صمام صغير (س) لدخول الغاز وحركة الصمامين مستمدة من الرافعه (ى) التي يحركها الساق حـ ويختلف مدى حركة الصمامين بأختلاف نقطة ارتكاز الرافعة ونقطة الارتكاز هـذه تتوقف على مركز القطعة (ن) التي يتعين وضعها بواسطة الحاكم فاذا كانت القطعة (ن) بعيدة عن الرافعة كانت نقطة الارتكاز قريبة جداً من محور الصمام وبذلك فـلا يفتح الصمام سوى فتحة ضئيلة وبالعكس اذا كانت القطعة قريبة من الرافعه أصبحت نقطة الارتكاز بعيدة عن محور الصمام فتكون فتحته نهاية عظمى



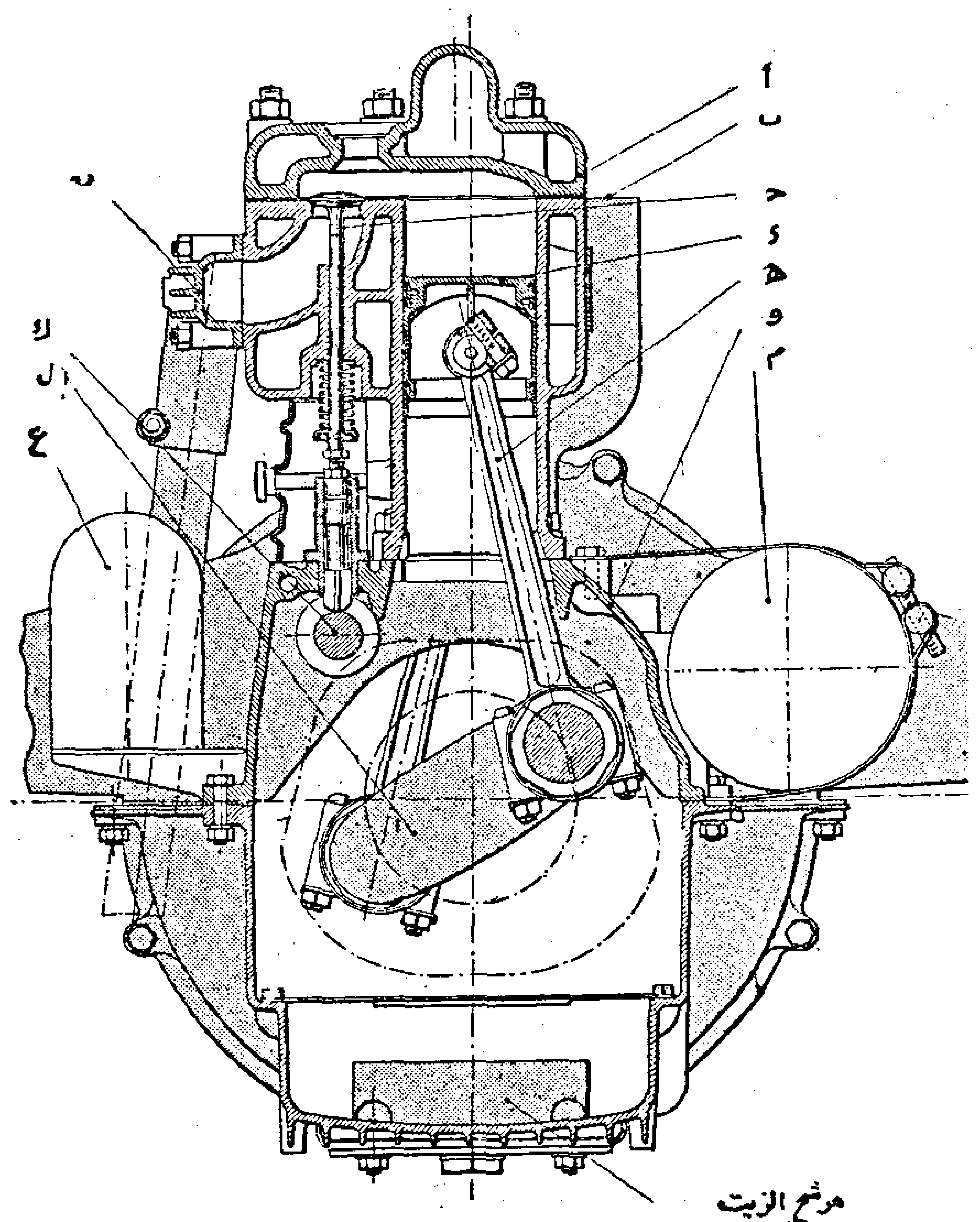
شكل ٨٩ ـ شمعة ضرب الشرارة

وشكل ٨٩ يبين الشمعة التي تحدث الشرارة الكهربائية لاشعال المخلوط في الوقت المناسب فهى مكونة من ساقين متماسين عند طرفيها داخل خزنة الاحتراق وكل من الساقين متصل بأحدقطبي المولد الكهربائي فعنـد الوقت المناسب يتولد تيار كهربائي شديد الضغط بواسطـة

الخطاف (و) المبين بشكل ٨٧ وفي نفس اللحظة ينفصل الساقين عن بعضها فتحدث شرارة قوية داخل خزنة الاحتراق تشعل المخلوط

٩٥ ـ **محركات البنزين** ـ تستعمل هذه المحركات في السيارات والطيارات فقط وذلك لخفة وزنها ووزن الوقود المستعمل لادارتها بالنسبة للقدره الممكن توليدها ولسهولة انقيادها لكل تغيير يراد في سرعة دورانها ولولا هذه المزايا لما استعملت هذه المحركات مطلقاً لغلاء ثمن وقودها اذ تقدر تكاليف توليد الحصان ساعه بمحرك متوسط الجوده ثمانية مليمات في نظير أقل من المليم للحصان المولد بمحرك ديزل مثلا .

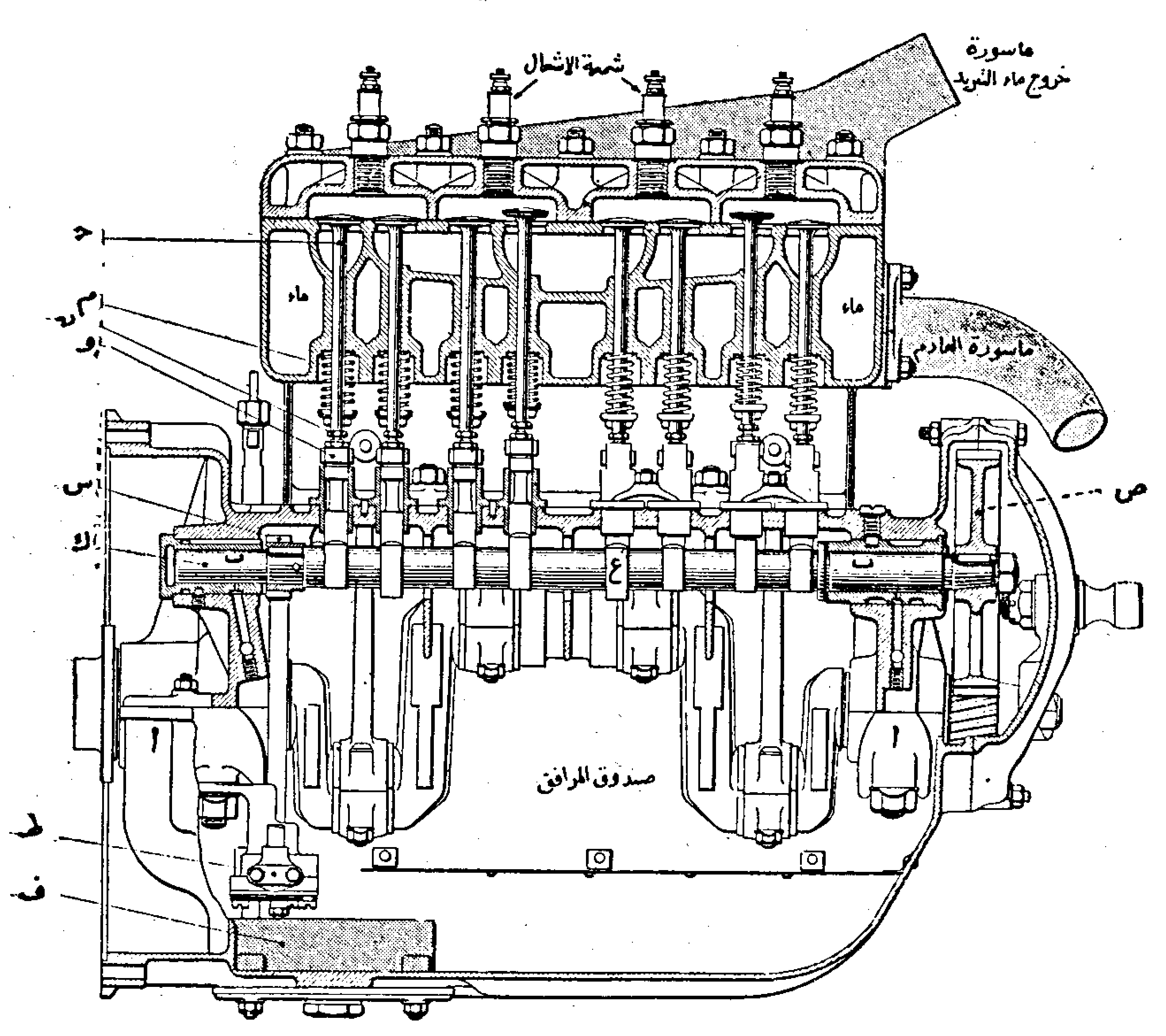
وشكلي ٩٠ ، ٩١ يبينان قطاعين رأسيين في محرك بنزين للسيارات صنع شركة ستروين وقدرته الاسميه ١٠ خيل ويشتغل على نظام دورة أتو الرباعية الاشواط وهو مكون من أربعة اسطوانات كتلة واحده تشتغل على أربعة مرافق في عامود ادارة واحد.



أ ـ غطاء الاسطوانات
ب ـ الاسطوانات
حـ ـ صمام العادم
ى ـ مكبس
هـ ـ ذراع التوصيل
و ـ الجزء العلوي لصندوق المرفق
م ـ مولد كهربائي للاضاءه
ن ـ مجرى العادم
ك ـ عامود الكامات
ل ـ المرفق
ع ـ المولد الكهربائي للشرارة

شكل ٩٠ ـ قطاع عرضى في محرك ستروين للسيارات

ولكل أسطوانة صمامان أحدهما لادخال شحنة الهواء والبنزين والآخر لتصريف العادم وتتحرك الصمامات بواسطة كامات مثبته في عامود جانبي يدار بتعشيقة مسننه من عامود الادارة الرئيسي وشكل ٩١ يبين قطاعا طولياً في المحرك عند الصمامات ويرى فيه أيضاً الاربعة شمعات التي تحدث شرارة الاشعال .



شكل ٩١ — قطاعا طوليا في محرك ستروين عند الصمامات

ا — الكرسيين الرئيسيين
ب — حاملي عامود الكامات
حـ — صمام
ك — عامود الكامات
م — زمبلك الصمام
ط — طلمبة الزيت
هـ — صامولة ضبط الصمام
ف — مرشح الزيت
و — رافعة الصمام
ص — ترس ادارة عامود الكامات
س — ترس ادارة طلمبة الزيت
ع — أحد الكامات

ولمحركات البنزين توابع ضرورية لحركتها أهمها اثنان وهما مولد كهربائي للشرارة ومحضر للبنزين ويطلق على الاخير كلمة « مذري » أو « كاربوراتير »

٩٦ ـ **مولد الشرارة** ـ ليس هذا الجهاز خاصاً بمحركات السيارات بل يستعمل في جميع محركات الاحتراق الداخلي التي تعتمد على الشرارة الكهربائية لاشعال المخلوط داخل الاسطوانة . ولاحداث شرارة كهربائية قوية يجب توليد تيار كهربائي ذى ضغط عال أي ما يقرب من نحو ٦٠٠٠ فولت ويولد هذا التيار بأحدى طريقتين : ـ

أ ـ بطريقة الاستنتاج في جهاز خاص يعرف بالماجنيتو يدار بواسطة المحرك نفسه .

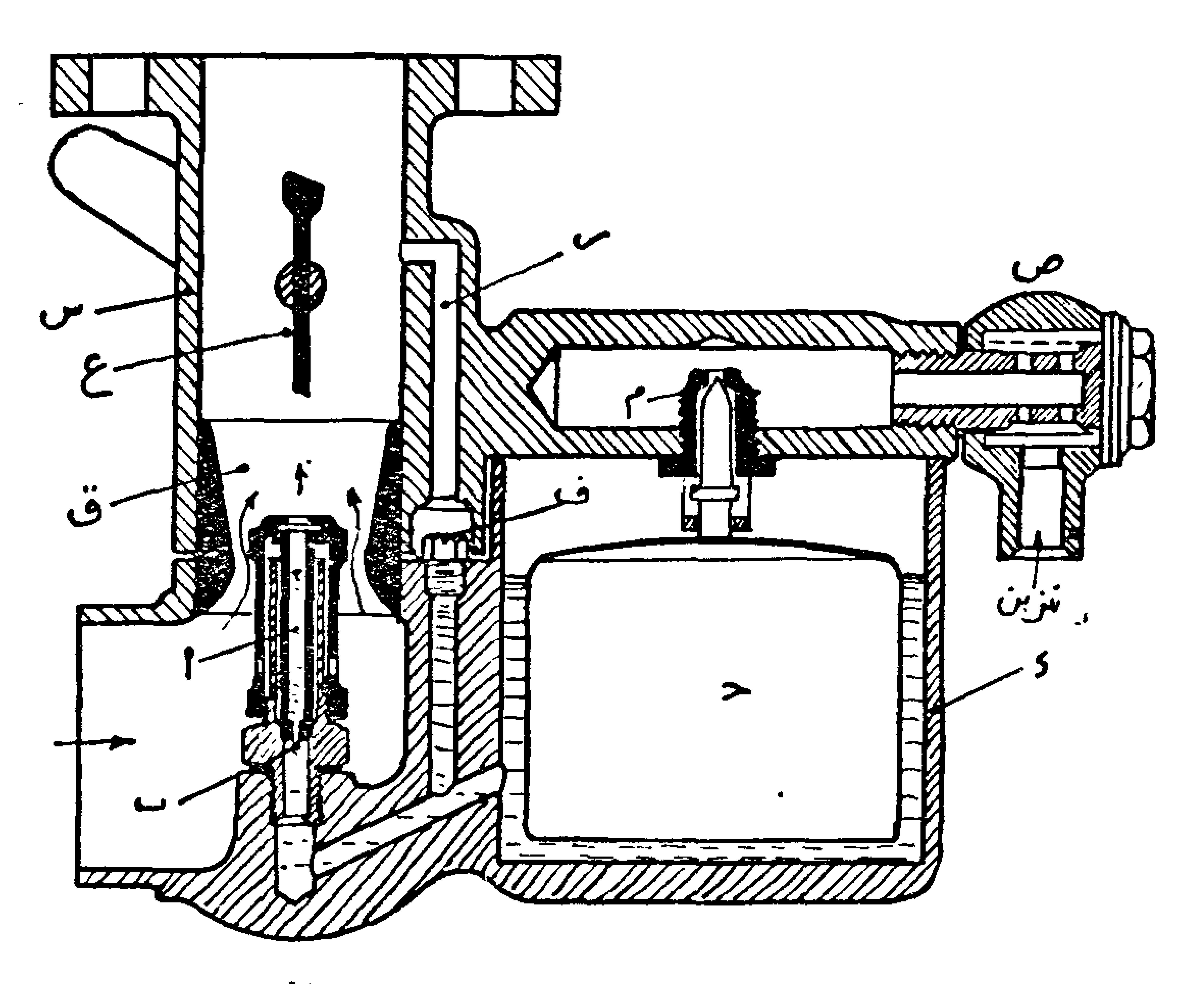
ب ـ بطريقة التأثير في ملف تأثيري يغذى بتيار كهربائي ذى ضغط بسيط (٦ فولت مثلا) مستمد من بطارية ثانوية . وقد أصبحت هذه الطريقة هى الشائعة الاستعمال في السيارات الحديثة لبساطة تركيبها وخلوها من الاجزاء المتحركة وضرورة تجهيز السيارة ببطارية ثانوية على أي حال للانارة ولابتداء حركة المحرك . ولو أن فريق من مستعملي السيارات لا زال يفضل طريقة الماجنيتو لاستقلاله في العمل عن البطاريات الثانوية السريعة العطب وفي كلا الحالتين يوزع التيار ذو الضغط العالى على شمعات الاشعال في الوقت المناسب بواسطة موزع خاص يستمد حركته من عامود الكامات .

٩٧ـ **جهاز تحضير البنزين «المذرى»** ـ يمر الهواء في طريقه الى الاسطوانات في أشواط الشحن من خلال جهاز يسمى المذري وظيفته خلط كمية معينة من رذاذ البنزين مع الهواء وللمذري أشكال عديدة لا يمكن حصرها في هذا المقام أحسنها ما كانت أهم خواصه : ـ

(١) أن تكون تذرية البنزين تامة بقدر المستطاع

(٢) أن تكون نسبة كمية البنزين الى كمية الهواء في الشحنة ثابتة عند جميع سرع المحرك .

(٣) أن تكون نسبة البنزين في المخلوط بحيث تضمن سهولة تقويم المحرك في جميع الظروف وشكل ٩٢ يبين مذرى سولكس المستعمل في أنواع كثيرة من السيارات . ويتركب من نافوره رفيعة (أ) بأسفلها ثقب رفيع جداً (ب) ينفذ منه البنزين الى ما يقرب من الحافة العليا للنافوره . والمستوى الذي يرتفع اليه



شكل ٩٢ ـ مذري سولكس الرأسي

س ـ ماسورة السحب — ب ـ فتحة البنزين للسرعة البطيئة

ى ـ غرفة العوامة — م ـ صمام البنزين

حـ ـ العوامة — ع ـ صمام المخلوط

أ ـ نافوره البنزين الرئيسية — ق ـ جلبة الاختناق

ب ـ فتحة البنزين الرئيسية — ص ـ صامولة اتصال ماسورة البنزين بغرفة العوامة

البنزين في النافوره يتعين بواسطة عوامة (حـ) موضوعة في أناء (ى) يتصل بالنافوره (أ) بالقناة (هـ) وينفذ البنزين الى غرفة العوامة (ى) من خلال صامولة الاتصال (ص) والصمام (م) وبواسطة هذا الصمام والعوامة يحفظ

منسوب البنزين في غرفة العوامة وبالتالى في النافوره (أ) على ارتفاع ثابت أذ كلما هبط منسوب البنزين هبطت العوامه فانفتح الصمام و نفذ البنزين الى أن يرتفع المنسوب الى المستوى المطلوب وعند هذا المستوى تضغط العوامة على ابرة الصمام فيقف ورود البنزين . والنافوره (أ) موضوعة داخل ماسورة سحب الهواء بحيث أن تيار الهواء الداخل يمر عند فوهة النافوره بسرعة عظيمة . والغرض من جلبة الخنق (ب) هو رفع سرعة الهواء عند فوهة النافوره الى درجة يقل معها الضغط على سطح البنزين فيرتفع مستوية حتى يطفو على حافة الانبوبة فيتشبع الهواء الداخل الى المحرك من رذاذ البنزين المتبخر ويتكون منه مخاوط قابل للاحتراق ينفذ الىاسطوانات المحرك. وتحدد كمية المخاوط بواسطة الصمام الاختناقي (ع) الذي يعترض ماسورة السحب (س) وهناك منفذ آخر (ب) للبنزين يتصل بماسورة السحب عن طريق القناة (ر) ينفذ منهامخلوط غنى بالبنزين عند السرعة البطيئة للمحرك أي عند ما يكون الصمام (ع) مقفلا تقريباً .

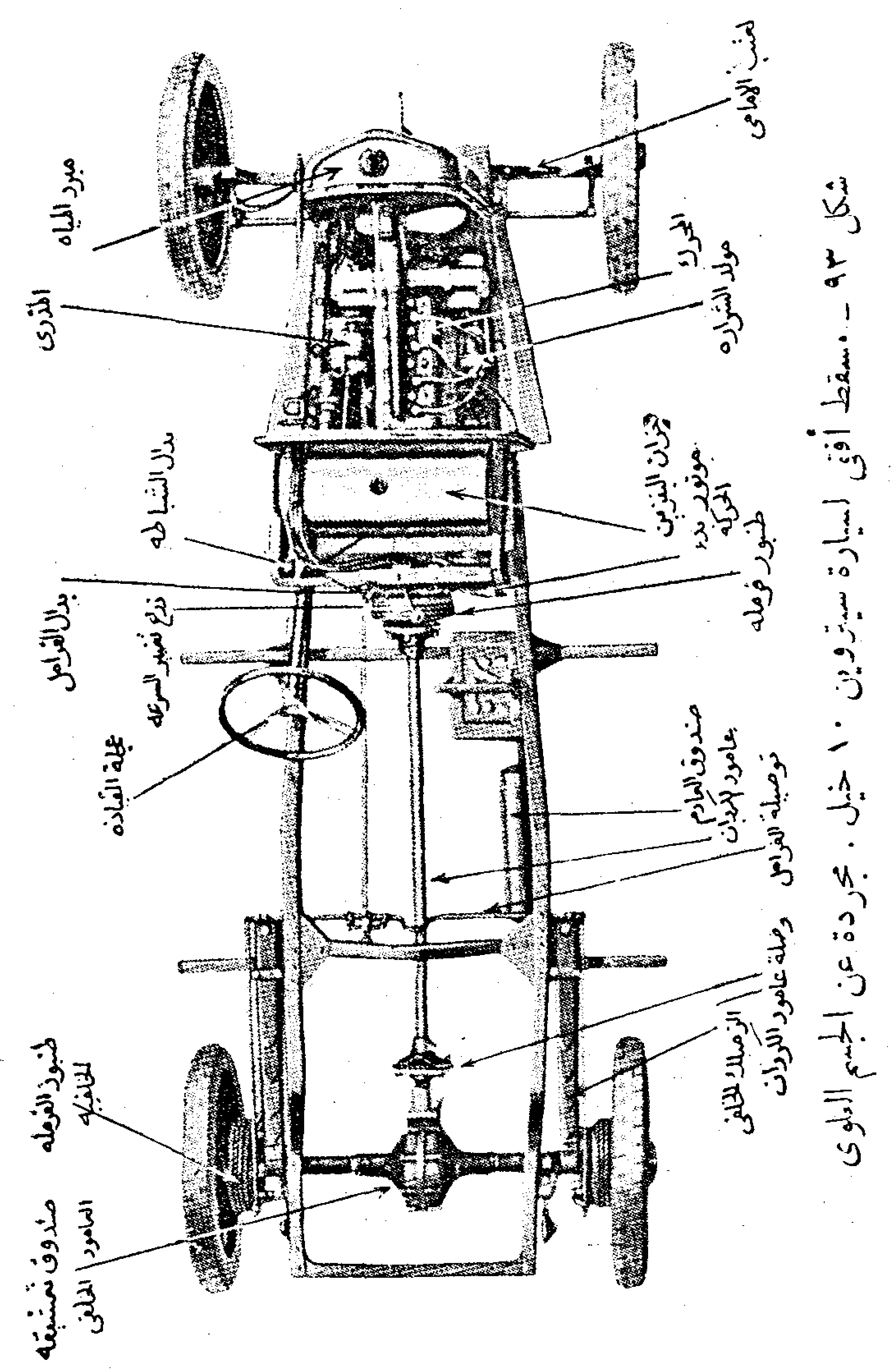
ولا تختلف محركات السيارات عن بعضها سوى في عدد الاسطوانات وفي تفاصيل المحرك نفسه كما يختلف وضع وترتيب التوابع اللازمه لادارة المحرك . فيختلف عدد الاسطوانات من أربعه الى إثنى عشر أسطوانه ويوجد قليل من السيارات بها محركات ذات أسطوانتين فقط ولكن أغلب السيارات الحديثه ذات ستة أسطوانات وتختلف قدرتها الاسميه من ستة عشر حصانا الى ٤٠ حصانا. والقدره الاسميه هذه أقل بكثير من القدره الحقيقيه للمحرك وتفرض الحكومات المختلفه ضريبه على السيارات بناء على قدرة محركها الاسميه المستخرجه من قوانين يرى أولو الامر أنها تسري على جميع السيارات بصفة عادله . فعند الحكومه الانجليزية والحكومه الامريكيه كما في بلدية الاسكندريه تقدر القدره الاسميه لمحرك السياره من القانون .

$$ع = \frac{ر ن^{٢}}{١٦١٢}$$

حيث ع القدره الاسميه بالحصان

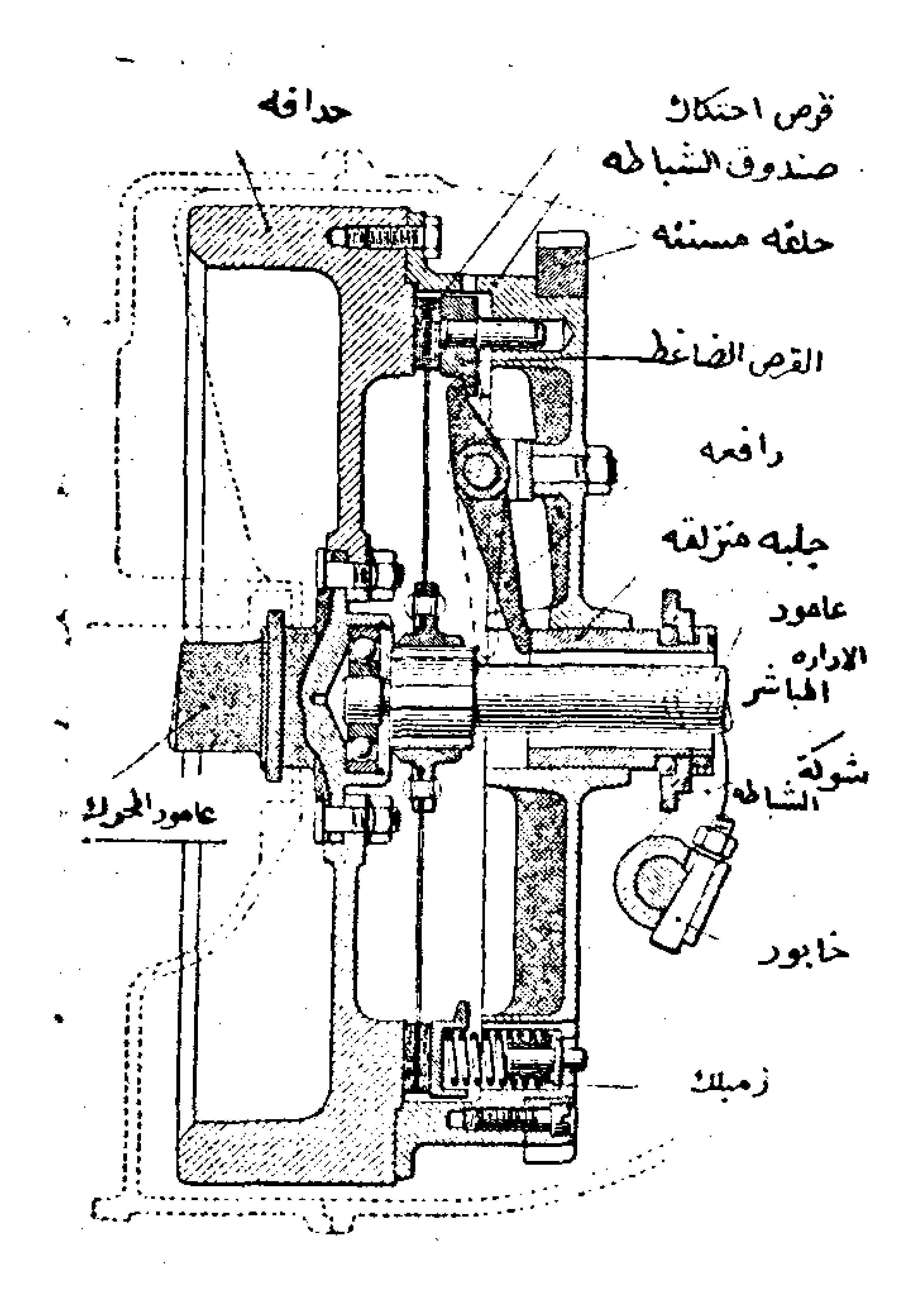
، ر عدد الاسطوانات

، ن القطر الداخلى للاسطوانه بالمليمتر



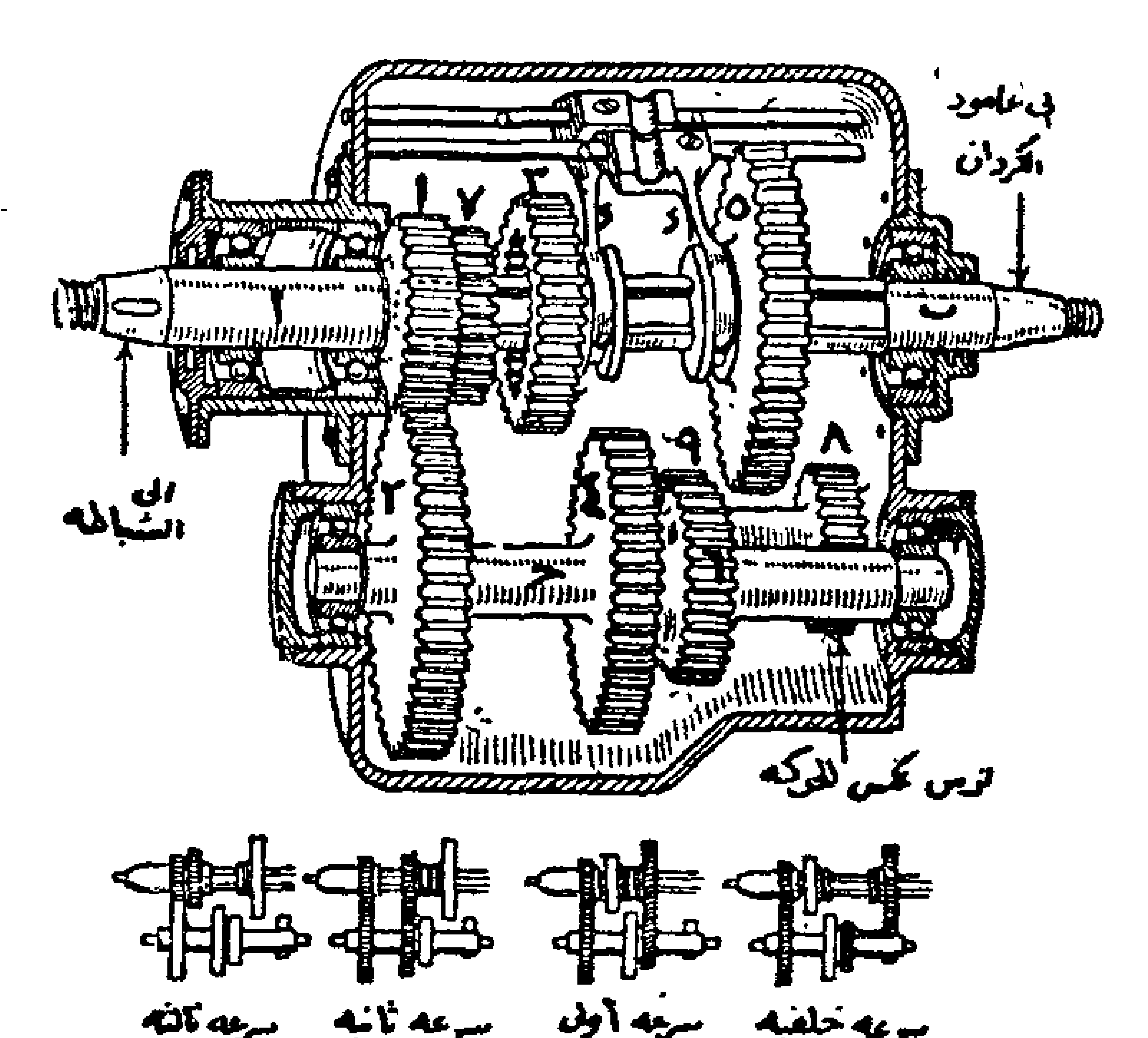
شكل ٩٣ ـ مسقط أفقي لسيارة سيتروين ١٠ خيل ، مجردة عن الجسم العلوي

٩٧ ـ نقل قدرة المحرك الى عجلات السيارة ـ يوضع المحـرك عادة في مقدمة السيارة بحيث يكون عامود أدارته على امتداد المحور الطولي للسيارة. وتنقل الحركة الى العجلات الخلفية على ثلاثة أطوار تحتمها طبيعة حركة السيارة فتتصل نهاية عامود الادارة بشباطة احتكاكية تمكن السائق من فصل المحرك عن باقي اجزاء السيارة المتحركة لكي يتمكن من أيقاف السيارة بدون



شكل ٩٤-قطاع رأسى في شباطه احتكاكيه قرصيه

أيقاف حركة المحرك وقد جعلت احتكاكية لكي يكون التعشيق تدريجياً وبذلك لا يقع حمل الجر على المحرك فجأة وشكل ٩٤ يبين احد أنواع الشباطات الشائعة الاستعمال في السيارات وتتكون من قرصين احتكاكيين فقط يبطن كل منهما بنسيج خاص مكون غالباً من الاسبستوس والقطن يتخلله خيوط من النحاس الاحمر ويتصل احد القرصين بعامود ادارة المحرك والآخر بالعامود الموصل لصندوق تعاشيق السرع والحالة الطبيعية للقرصين هى أن يكونا منضغطين على بعضهما بواسطة زمبلك أو أكثر ويوجد بدال متصل بشوكة تضغط على جلبة منزلقة يضغط طرفها الداخلي على رافعة تفصل الاقراص عن بعضها متى اريد فصل التعشيق . وتنتقل الحركة من الشباطة الى صندوق تعاشيق السرعة وهو عبارة عن مجموعة من العجلات المسننة (شكل ٩٥) تنزلق بعضها على عامود ممتد بطول



شكل ٩٥-قطاع منظور لصندوق تغيير السرع للسيارات

الصندوق ويتصل طرفه من الخارج بعامود الكردان الذي يوصل الحركة الى

العامود الخلفي المثبت به العجلتين الخلفيتين . وبواسطة هذه العجلات المنزلقة يمكن اختيار نسب مختلفة لسرعة عامود الكردان وسرعة عامود الشباطة بحيث تبدأ الحركة بنسبة كبيرة ثم تدرج هذه النسبة الى أن تتساوى السرعتين وفي شكل ٩٥ . أ العامود المتصل بالشباطة ٥ ب العامود المتصل بعامود الكردان وكلاهما منفصلين عن بعضهما ٥ حـ عامود ثانوي يثبت به ثلاثة عجلات ٥ ى ى شوكتي تغيير السرعة الذى يمكن تحريكهما بواسطة ذراع تغيير السرعة . فعند بدء الحركة تزلق العجلة (٥) حتى تتعشق مع العجلة ٦ فيكون الاتصال بين العامودين أ ٥ ب عن طريق العجلات ٢،١ ثم ٥،٦ ومتى ابتدأت السيارة في الحركة يفصل هذا التعشيق وتعشق العجلتين ٤،٣ ويكون الاتصال عن طريق العجلات ٢،١ ثم ٣،٤ ثم ينقل التعشيق الى النسبة النهائية بزلق العجلة ٣ حتى تتعشق مع العجلة ٧ من الداخل فيكون نقل الحركة حينئذ مباشرا بين العامودين. أما إذا اريد عكس الحركة فتعشق العجلة ٥ بالعجلة ٨ ثم بعجلة أخرى (٩) على امتداد ٨ الى ٦ فيكون التعشيق حينئذ من ١ الى ٢ ثم من ٦ الى ٩ ثم من ٨ الى ٥ . وفى أسفل الشكل تظهر التعاشيق الاربعة المذكورة . وتتضح ضرورة تغيير نسبة السرعة في السيارات عند بدء الحركة من طبيعة محركات الاحتراق الداخلي التي لا يمكنها بذل مجهود عظيم دفعة واحدة بل تحتاج الى التدرج في القيام بعبء الحمل الناتج من المقاومة للجر . ويتصل عامود صندوق السرعة بالعامود الخلفي المثبت به العجلات الخلفية بواسطة عامود يسمى عامود الكردان (شكل ٩٣) ثم بتعاشيق مسننة خاصة ميزتها تمكين احدى العجلات الخلفية من الدوران بسرعة اكبر أو اصغر من سرعة العجلة الاخرى عند منحنيات الطريق وليس هنا مقام الشرح التفصيلي لهذه التعشيقة أو للتفاصيل الاخرى لقطع السيارة الكثيرة .

الفصل السابع

محركات الزيت الثقيل

٩٦ ـ يمكن تقسيم هذا النوع من محركات الاحتراق الداخلى الى أربعة أقسام بحسب نوع الوقود المستعمل فيها والطريقة المتبعة في أشعال شحنة الوقود ودورتها الحرارية : ـ

(١) محركات الكيروسين (زيت البترول الابيض المستعمل في الاضاءه والطبخ) وقد اصبح هذا النوع نادر الاستعمال الآن لتفوق الانواع الاخرى عليه من وجهة الاقتصاد وسهولة الادارة

(٢) محركات الزيت الثقيل ذات الضغط المنخفض ولا تستعمل الآن سوى للقدرات الصغيرة .

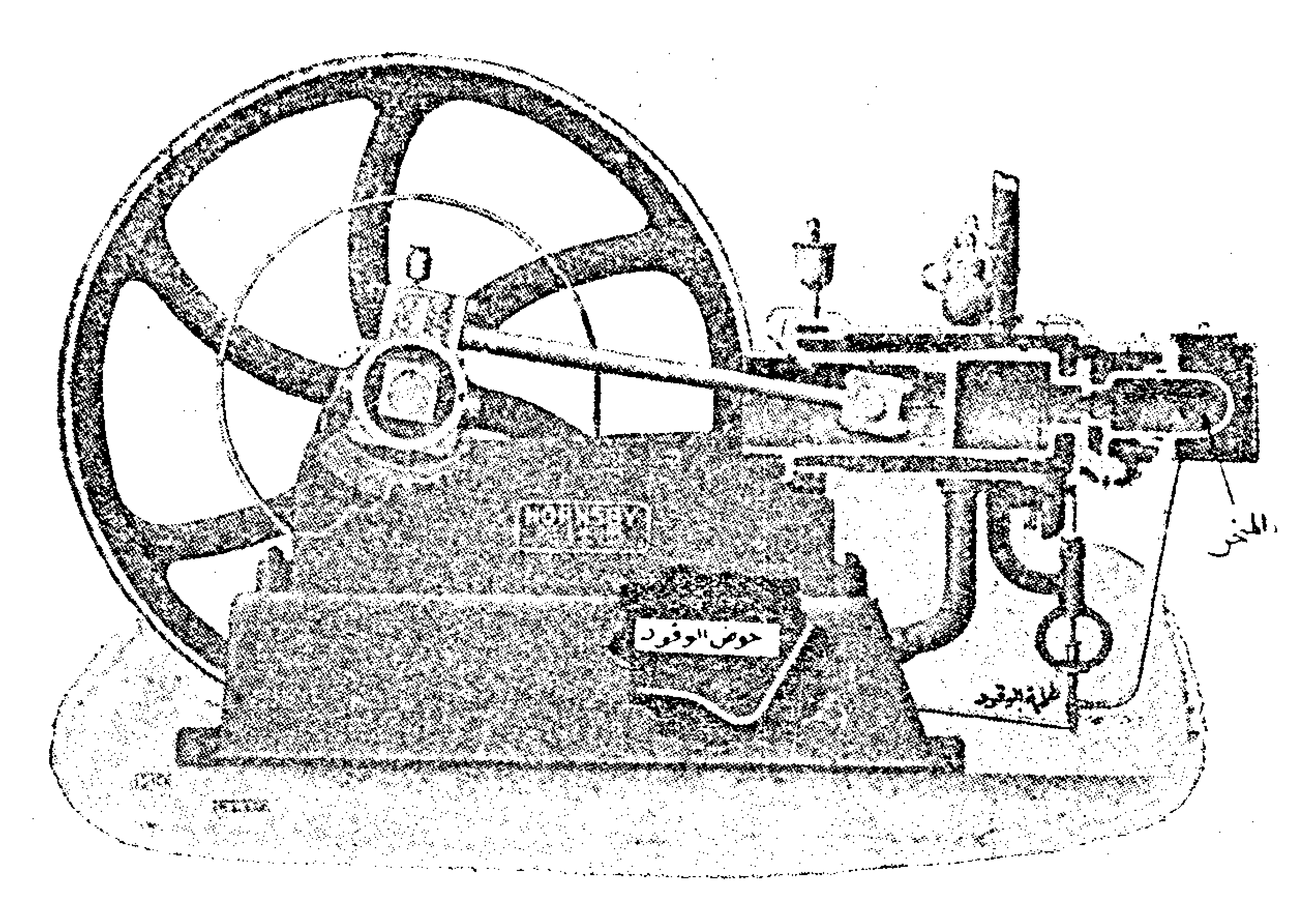
(٣) محركات الزيت الثقيل ذات الضغط العالي

(٤) محركات ديزل

وقد اصبح للنوعين الاخيرين أهمية عظمى في توليد القدرة في جميع أنحاء العالم برا وبحراً ويسير تقدم صناعة النوع الاخير من المحركات بخطى واسعة جداً ولا يبعد أن تستعمل هذه المحركات دون سواها في توليد القدرات في المستقبل القريب غير أنه لا يزال الطوربين البخاري محتفظاً بمركزه في توليد القدرات العظيمة في المحطات المركزية لتوليد الكهرباء .

٩٧ ـ **محرك هورنسبي** ـ هو أحسن مثال لمحركات الكيروسين ويشتغل على نظام دورة أتو الرباعية الاشواط ولا يختلف عن محركات البنزين سوى في نظام أدخال شحنة الوقود الى الاسطوانة ففي محركات البنزين يشبع الهواء الداخل للاسطوانة برذاذ البنزين بواسطة المذرى على درجات الحرارة العادية وذلك لسهولة تبخر البنزين على هذه الدرجات المنخفضة أما زيت البترول فيحتاج

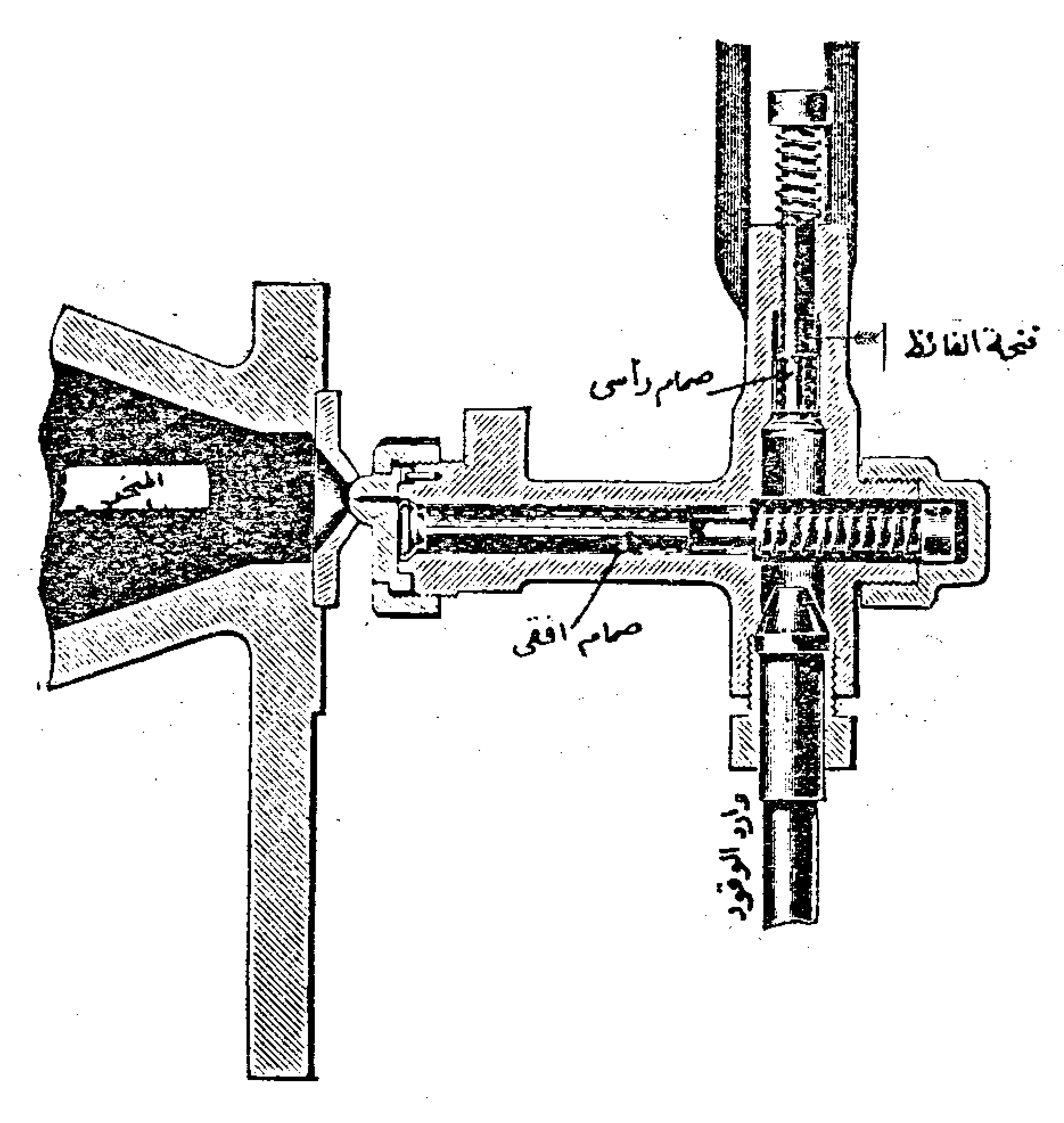
الى حرارة مرتفعة لتبخيره وجعله صالحاً للاحتراق التام ففي محرك هورنسبي تحقن كمية من البترول في حيز خاص يسمى المبخر ملحق بخزنة الاحتراق في رأس الاسطوانة ويحفظ على درجة حرارة عالية بأغفال تبريده بالماء (شكل ٩٦) وعند بدء الحركة يسخن المبخر من الخارج بواسطة بوري بترولي . ويدار المحرك باليد حتى تبتديء الحركة بأنتظام وبعد ذلك يمكن الاستغناء عن البوري



شكل ٩٦ ـ قطاع طولى في محرك هورنسبي

أذ يحفظ المبخر على درجة حرارة كافية لتبخير البترول من توالي الاحتراق الداخلي للشحنة أثناء السير . ويحقن الوقود الى المبخر بواسطة طلمبة كابسة يرد لها البترول من حوض خاص داخل فرش المحرك ويضغط الى الرشاش المبين (بشكل٩٧) حيث ينفذ الوقود من ثقب رفيع الى المبخر مارا بالصمام الافقي الذي ينفتح بضغط شحنة الوقود . أما الصمام الرأسي فخاص بتنظيم كمية الوقود الداخلة للمحرك أذ يضغط على رأس هذا الصمام رافعة مرفقيه متصلة بالحاكم فاذا زادت سرعة المحرك (أذا خف عليه الحمل) تضغط الرافعة المذكورة على الصمام فينفتح وينفذ منه جزء من شحنة الوقود تعود الى الحوض وتختلف نسبة هذا الفائظ الى

كمية الوارد من الطلمبة بحسب الحمل الواقع على المحرك . ويستهلك هذا المحرك ما يتراوح بين ١٦٠ و ٢٠٠ جراما من البترول النظيف في كل حصان ساعة من الطاقة فاذا كانت الصفيحة تحتوي على ١٥ كيلو جراماً من الكيروسين وثمنها ١٠٠ ماليم يكون ثمن الوقود المستهلك لكل حصان ساعة ١,٣٣ مليم على أكثر تقدير .



شكل ٩٧ — رشاش البترول في محرك هورنسبي

وفي نوع آخر من هذه المحركات يستغنى عن التسخين الابتدائي للمبخر بتشغيل المحرك بالبنزين ويشعل بواسطة شرارة كهربائية لمدة وجيزة بعد بدء الحركة حتى ترتفع حرارة المبخر الى الدرجة الكافية لاشعال الكيروسين وحينئذ يحول ايراد وقوده الى الكيروسين وتوقف الشرارة . ولا يزال هذا النوع من المحركات مستعملا في أدارة مولدات التيار الكهربائي الصغيره المستعملة لانارة المنازل في القرى والضواحى التي لا يصل اليها تيار المدن .

٩٨ — يتضح مما سبق أن محركات الغاز والبنزين والكيروسين تشتغل أما على دورة أتو الرباعية الاشواط أو دورة كلارك الثنائية الاشواط بمعنى أن الشحنة

الواردة للاسطوانة في كل دورة هى عبارة عن مخلوط قابل للاشتعال من الوقود والهواء أما فيما يلي من انواع المحركات فيشتغل على دورة ديزل الرباعية أو الثنائية الاشواط أي ان الشحنة تكون من الهواء فقط ويرد الوقود للاسطوانة عند نهاية شوط الانضغاط كما انها تستعمل زيت البترول الثقيل اي الذي تتراوح كثافته من ٠,٩٢ الى ١,٢ (وليس ما يمنع استعمال الزيوت الاقل كثافة من ذلك سوى ارتفاع ثمنها بالنسبة للزيوت الثقيلة).

وتختلف انواع هذه المحركات عن بعضها في درجة الانضغاط وطريقة الاشعال ففى النوع الاول لا يزيد ضغط الهواء في نهاية شوط الانضغاط عن ثمانية أجواء وفي النوع الثاني ٢٤ جوا وفي الثالث أي محركات ديزل تختلف فيها درجة الانضغاط بين ٣٣و٤٥ جوا وقد شاع تسمية النوعين الاولين بمحركات نصف ديزل لمشابهتها لمحركات ديزل في حقن الوقود عند نهاية شوط الانضغاط .

وهناك وجه اختلاف آخر بين محركات البنزين والكيروسين ومحركات الزيت الثقيل بأنواعها وهو ضرورة ايراد الوقود في الحالة الاولى بهيئة غاز وأما في الحالة الثانية فيكفي فيها تذرية الوقود مع احتفاظه بطبيعته السائلة لذلك كان

شكل ٩٨ — بيانات المنحنيات البيانية لمحركات الاحتراق الداخلي المختلفة

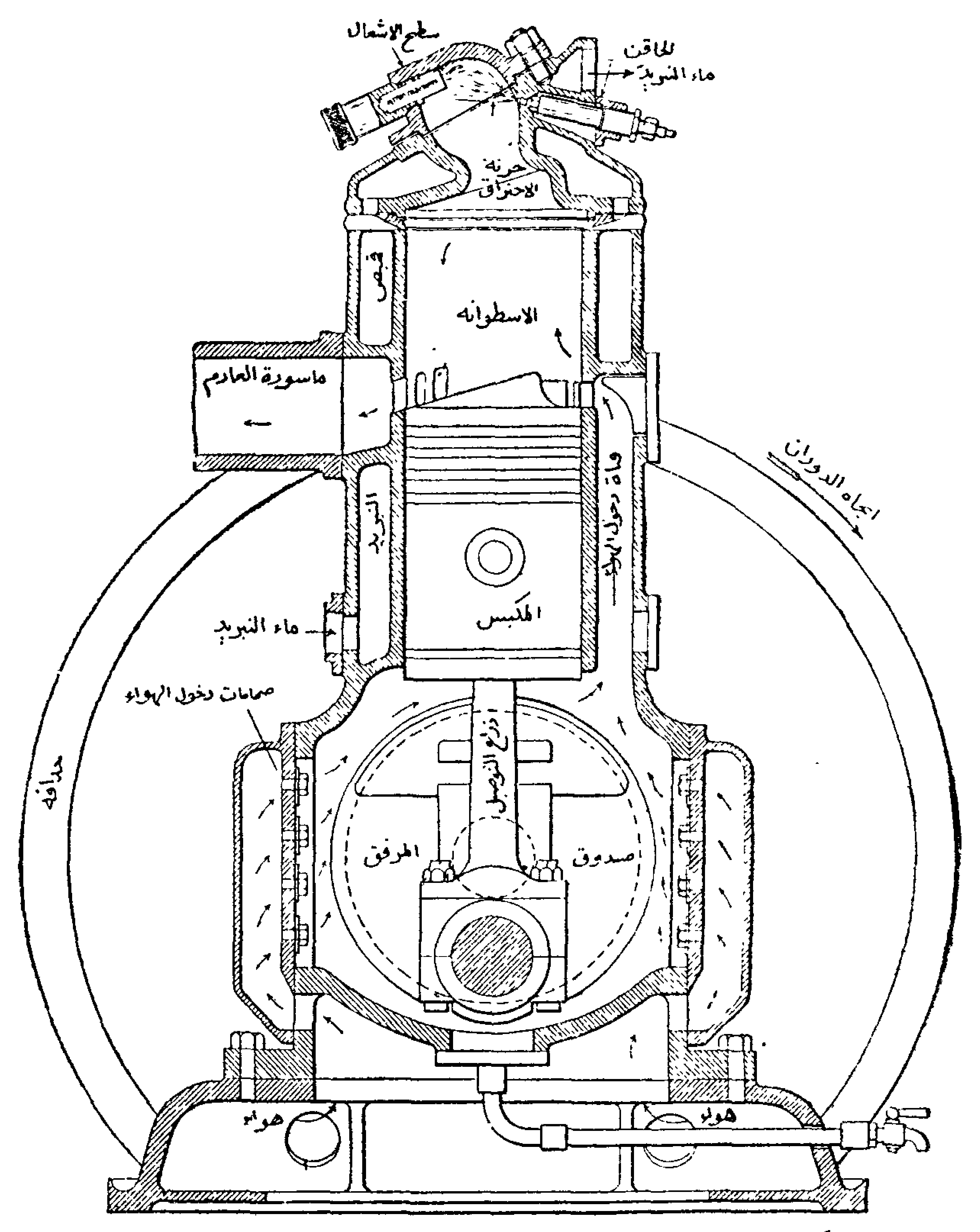
الاحتراق في الحالة الثانية بطيئاً بالنسبة للحالة الاولى التي يكون فيها أشتعال

الوقود اقرب الى الفرقعة منه الىالاحتراق البطىء نسبياً. وشكل ٩٨ يبين بمقياس رسم واحد المنحنيات البيانية لمحركات الاحتراق الداخلي المختلفة يظهر من مقارنتها ببعضها تباين مدى الانضغاط في كل منها والضغوط المترتبة على احتراق أو فرقعة الشحنة والزمن النسبي الذي يستغرقه احتراق الوقود.

٩٩ – *محركات الزيت الثقيل ذات الانضغاط المنخفض* – هي ابسط أنواع المحركات التي يحقن فيها الوقود عند نهاية شوط كبس شحنة الهواء غير أنها تعتمد في أشعال الوقود على ملامسته لجزء من سطح خزنة الاحتراق يحفظ على درجة حرارة عالية بواسطة بوري يسلط لهيبه على هذا الجزء من الخارج عند بدء الحركة وبما يختزنه هذا الجزء من الحرارة الناتجة من احتراق الوقود في الدورات المتعاقبة ولذلك فلا يبرد هذا الجزء بالماء كباقي جدران الاسطوانة

وشكل ٩٩ يبين احد انواع هذه المحركات وهو من صنع شركة بتر* ويشتغل على نظام الدورة الثنائية الاشواط وهو ابسط انواع محركات الزيت الثقيل تركيباً لخلوه من الصمامات كما انه لا يحتاج الى عناية كبيرة أو مهارة خاصة لادارته وفوق ذلك فهو يعمر كثيرا لانخفاض الضغوط المستعملة فيه. ولهذه المزايا التي يشترك فيها جميع المحركات التي تشتغل على هذا النظام قد شاع أستعماله في مصر لادارة طلمبات الري الصغيره في الارياف حيث لا تتوفر العناية بالمحركات ووسائل صيانتها من العطب. غير انه لقلة جودة هذه المحركات بالنسبة لمحركات ديزل تفضل الاخيرة في توليد القدرات الكبيرة لانارة المدن وللمآرب الصناعية الاخرى. ولا يصعب على القاريء تفهم طريقة عمل المحرك المبين بشكل ٩٩ بمراجعة بند ٩٠ صفحة ٩٦ وما يليها غير أن الشحنة الواردة للمحرك هى من الهواء الخالص وتنضغط فيالشوط العلوي الى ما لايزيد على سبعةأجواء وبالقرب من نهاية شوط الكبس يرش زيت الوقود في أتجاه سطح الاشعال الساخن حيث يشتعل مباشرة ويرتفع الضغط الى ما يقرب من ١٥ جوا ثم يلي ذلكباقي الدورة وتضغط كمية الوقود اللازمة في كل دورة بواسطة طلمبة كابسة يحرك مكبسها كاما

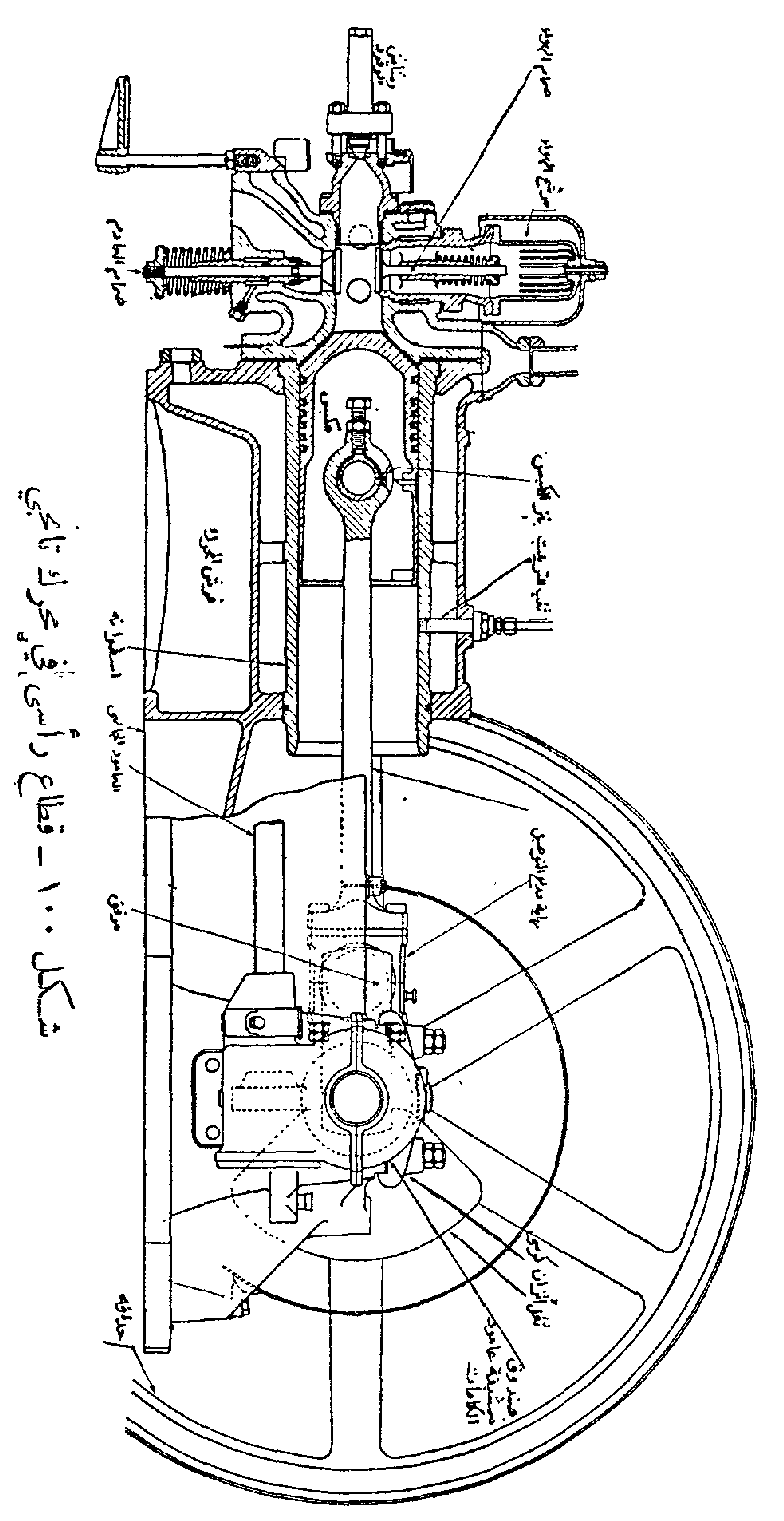
* Petter



شكل ٩٩ ـ محرك بترل المنخفض الضغط ذو الدوره الثنائية

مركبا على عامود أدارة المحرك وتنظم كمية الوقود لتتناسب مع الحمل الواقع على المحرك بتغيير شوط الطلمبة بواسطة تعشيقة مناسبة تستمد حركتها من الحاكم .

١٠٠ ـ **محركات الزيت الثقيل ذات الضغوط العالية** ـ يختلف هـذا النوع من المحركات عن النوع السابق في أن هواء الشحنة يضغط الى درجة مرتفعة ولكنها أقل منها في محركات ديزل أى نحوا من ٢٥ جوا . ولذلك فيمكن

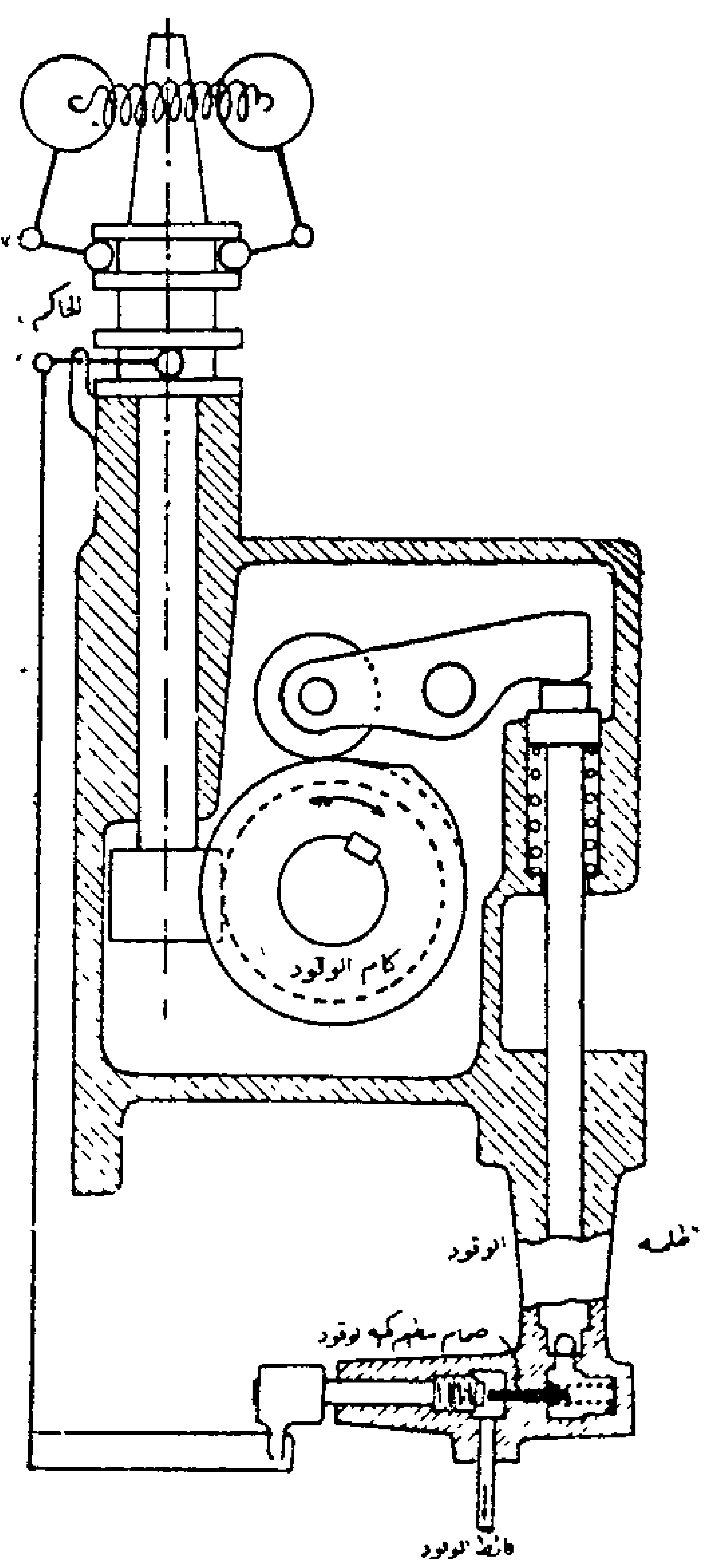


شكل ١٠٠ — قطاع رأسي في محرك تاكري

بدء الحركة في هذه المحركات بدون التسخين البدائي الذي لا مندوحة عنه في نوع المحركات ذات الانضغاط المنخفض بل تبدأ الحركة بأستعمال قليل من الوقود الخفيف أي الكيروسين حتى اذا ارتفعت درجة حرارة الجزء الغير مبرد من

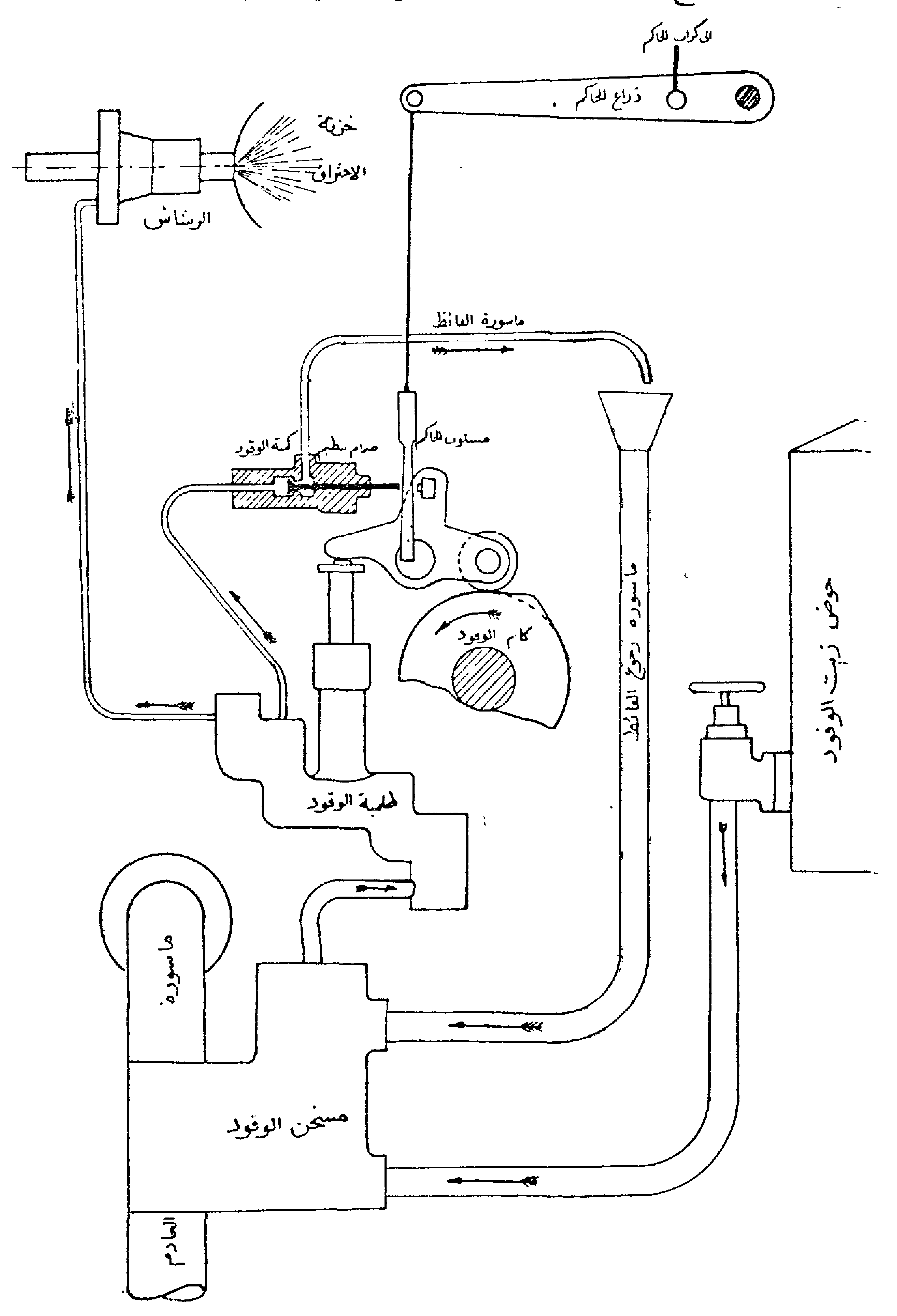
خزنة الاحتراق استبدل الكيروسين بالزيت الثقيل والاشكال من ١٠٠ الى ١٠٢ تبين بعض تفاصيل لمحركات من هذا النوع فشكل ١٠٠ قطاع رأسى في محرك تانجي وشكل ١٠١ يبين نظام ايراد زيت الوقود وتنظيم كميته لتتناسب مع الحمل بواسطة الحاكم في محرك تانجي المذكور وشكل ١٠٢ يبين دورة زيت الوقود بما في ذلك تنظيم كميته بواسطة الحاكم في محرك كروسلي وفي كلا الحالتين شوط طلمبة الوقود ثابت ولكن كمية الوقود المغذاة بالطلمبة لا تصل بأ كملها للرشاش. بل يعمل الحاكم على أعادة جزء منها الى حوض الوقود ويختلف مقداره بحسب الحمل الواقع على المحرك فكلما خف الحمل كلما زادت كمية الزيت المعاده للحوض. والعكس بالعكس وتتم هـذه العملية في نظام تانجي في نفس طلمبه تغذية الوقود بأن يدير الحاكم بواسطة روافع خاصه مسمارا يضغط على صمام في حيز الطرد في الطلمبة . وفتحة هذا الصمام تتناسب عكسياً مع الحمل الواقع على المحرك

وأما في نظام كروسلي فللزيت المغذي ماسورتان احدهما تتصل بالرشاش والاخرى بصمام التنظيم وتتغير فتحة هذا الصمام بتغيير وضع المسلوب المتصل بذراع الحاكم . وهـذا المسلوب يعترض مسماراً يستمد حركته من نفس الرافعة المحركة لمكبس طلمبة الوقود فاذا كان الحمل على المحرك كاملا انخفض المسلوب حتى أصبح جزؤه المستدق بين المسمار المتحرك وساق صمام التنظيم وضاعت حركة



شكل ١٠١ ـ نظام تغذية الوقود في محرك تانجى.

المسمار هباء وبذلك تصل شحنة الوقود بأ كملها للرشاش وأما اذا كان الحمل على المحرك خفيفا ارتفع المسلوب حتى اعترض طرفه السميك حركة المسمار ونقلت هذه



شكل ١٠٢ ـ نظام دورة زيت الوقود في محرك كروسلى

الحركة بأكملها لصمام التنظيم وبذلك تتحول نسبة كبيرة من شحنة الوقود الى ماسورة الفائظ ولا يصل للرشاش الا مقدارا قليلا مناسباً للحمل الخفيف على المحرك.

١٠١ — *محركات ديزل* — تميز دورة محركات ديزل عن دورات محركات الزيت الثقيل الاخرى بأمرين : —

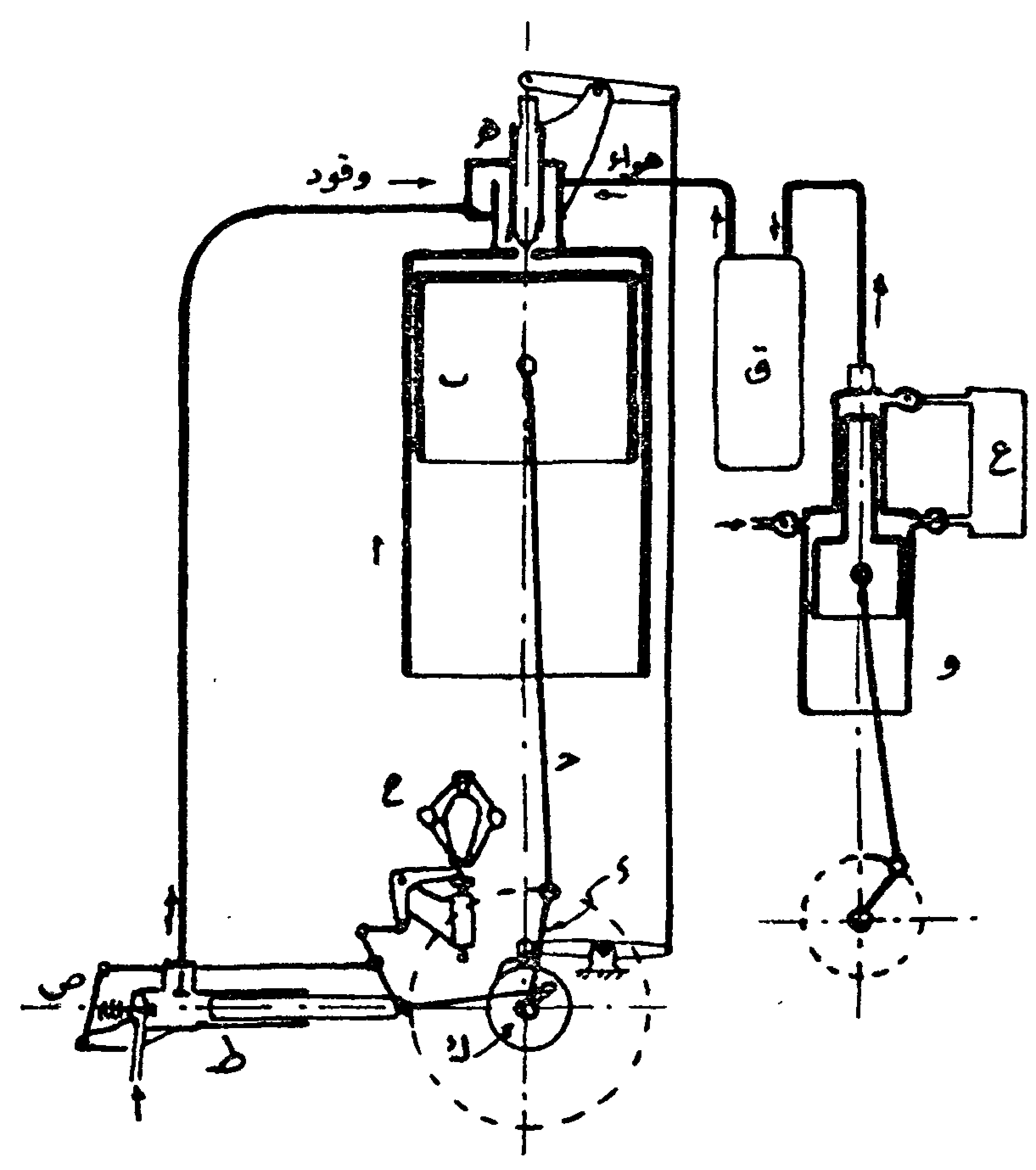
(١) ان انضغاط الهواء يصل الى درجة مرتفعه تكفي لاشعال الوقود اثناء تغذيته

(٢) أن يبدأ بحقن الوقود عند نهاية شوط الانضغاط ويستمر حقن الوقود بالمعدل الذي يحفظ الضغط ثابتا داخل الاسطوانه اثناء حركة المكبس في شوط التشغيل الى حد ما يتوقف على الحمل الواقع على المحرك وأقصى نسبة لهذا الحد هو $\frac{1}{8}$ من شوط التشغيل ومن ثم تتمدد نواتج الاحتراق الى نهاية الشوط . ويمكن تقسيم محركات ديزل الى قسمين حسب الدورة التي تشتغل عليها فمنها ما هو رباعي الاشواط ومنها ما هو ثنائي الاشواط وقد سبق شرح الدورتين في بند ٩٢ صفحة ٩٨ وما يليها . كما أنه يمكن تقسيمها الى ما هو مفرد وما هو مزدوج الفعل. ولا تصنع محركات ديزل مزدوجة الفعل الا للقدرات العظيمة ويمكن أيضاً تقسيم محركات ديزل الى قسمين بالنسبة للطريقة المستعملة في حقن الوقود فالقسم الاول منها ما يستعمل الهواء المضغوط لهذا الحقن والثاني مايكون فيه الحقن مباشراً أي بدون وساطة الهواء المضغوط والقسم الاخير هو أحدث أنواع محركات ديزل ولم يمض على ابتكاره واستعماله الزمن الكافي لاقناع الرأي العام بأفضليته على محركات ديزل ذات الحقن الهوائي .

١٠٢ — *محركات ديزل ذات الحقن الهوائي* — لا يختلف محرك ديزل عن باقي محركات الاحتراق الداخلي في تفاصيل أجزائه الا فيما يقتضيه نظام حقن الوقود من أجهزه غير أن أجزاء محرك ديزل تمتاز بضخامتها عن مثيلاتها في المحركات الاخرى المساوية لها في القدرة وسرعة الدوران وذلك لعلو الضغوط والقوى المؤثره على هذه الاجزاء اذ بينما لا يزيد اقصى ضغط في محرك غازي

مثلا عن ثلاثين جو على السنتيمتر المربع يصل أقصى ضغط في محرك ديزل الى خمسين في الاحوال الاعتيادية والى ماية جو عندما يحدث « سبق احتراق »
والاشكال من ١٠٣ الى ١٠٨ تبين طريقة عمل محرك ديزل ذو حقن هوائي فشكل ١٠٣ يبين بطريقة تخطيطيه نظام دورة الوقود وهواء الحقن في المحرك فيضغط الهواء اللازم للحقن بواسطة ضاغط مثبت أما رأسياً أو أفقياً في فرش المحرك ويستمد حركته من عامود ادارة المحرك نفسه وحيث أن حقن الوقود يبتديء عند نهاية انضغاط الهواء أي عندما يكون الضغط داخل الاسطوانه من ٣٥ الى ٤٥ كج على السنتيمتر المربع لذلك يجب أن يكون الهواء الحاقن للوقود على ضغط أعلا من ذلك أولا للتغلب على الضغط الداخلي في الاسطوانه وثانياً للتغلب على المقاومة الناشئة من نظام التذرية المتبع في صمام الوقود والواقع أن ضغط الهواء الحاقن لا يقل عن ٦٠ كج على السنتيمتر المربع ويضغط الهواء الى هذا المدى على عدة مراحل يبرد الهواء بين المرحلة والاخرى في مبردات مائيه خاصه ولو ان عدد هذه المراحل يختلف من اثنين الى أربعة الا أنه دلت التجارب الحديثه على أفضلية الضواغط ذات الثلاث مراحل . وفي بعض أنواع محركات ديزل المتعددة الاسطوانات يدار ضاغط الهواء بمحرك منفصل . وللهواء المضغوط استعمال آخر غير حقن الوقود وهو بدء الحركة لذلك تخزن كمية من هذا الهواء في قوارير خاصة تصنع بحيث يمكنها تحمل ضغط داخلي مقداره ٧٠ كج على السنتيمتر المربع ومن السعه بحيث تكفي لتكرار بدء الحركه مثنى وثلاث . ويستعمل هذا الهواء المخزون في بدء الحركة كما لو كان بخاراً لذلك يجهز المحرك بصمام خاص لبدء الحركة يستمد حركته من عامود الكامات بحيث يدخل الهواء المضغوط الى الاسطوانه في الوقت المناسب ويقطع ايراده عند منتصف الشوط وفي اثناء هذه العمليه تتخذ الاحتياطات لمنع ايراد زيت الوقود ومتى وصلت سرعة المحرك الى درجة مناسبه يقطع ايراد الهواء ويسمح للوقود بالنفاذ الى الاسطوانه

وتجهز القوارير بصمامات أمن وحنفيات للتصفية . الاولى لتجنب زيادة الضغط الداخلي عن حد الامن والثانيه لتصفية رذاذ الماء والزيت الذي يصحب الهواء



شكل ١٠٣ — نظام عمل محرك ديزل ذو حقن هوائى

ا — اسطوانة المحرك

ب — مكبس المحرك

حـ — ذراع توصيل المحرك

ى — مرفق المحرك

هـ — صمام حقن الوقود

ع — الحاكم

و — ضاغط هواء ذو مرحلتين

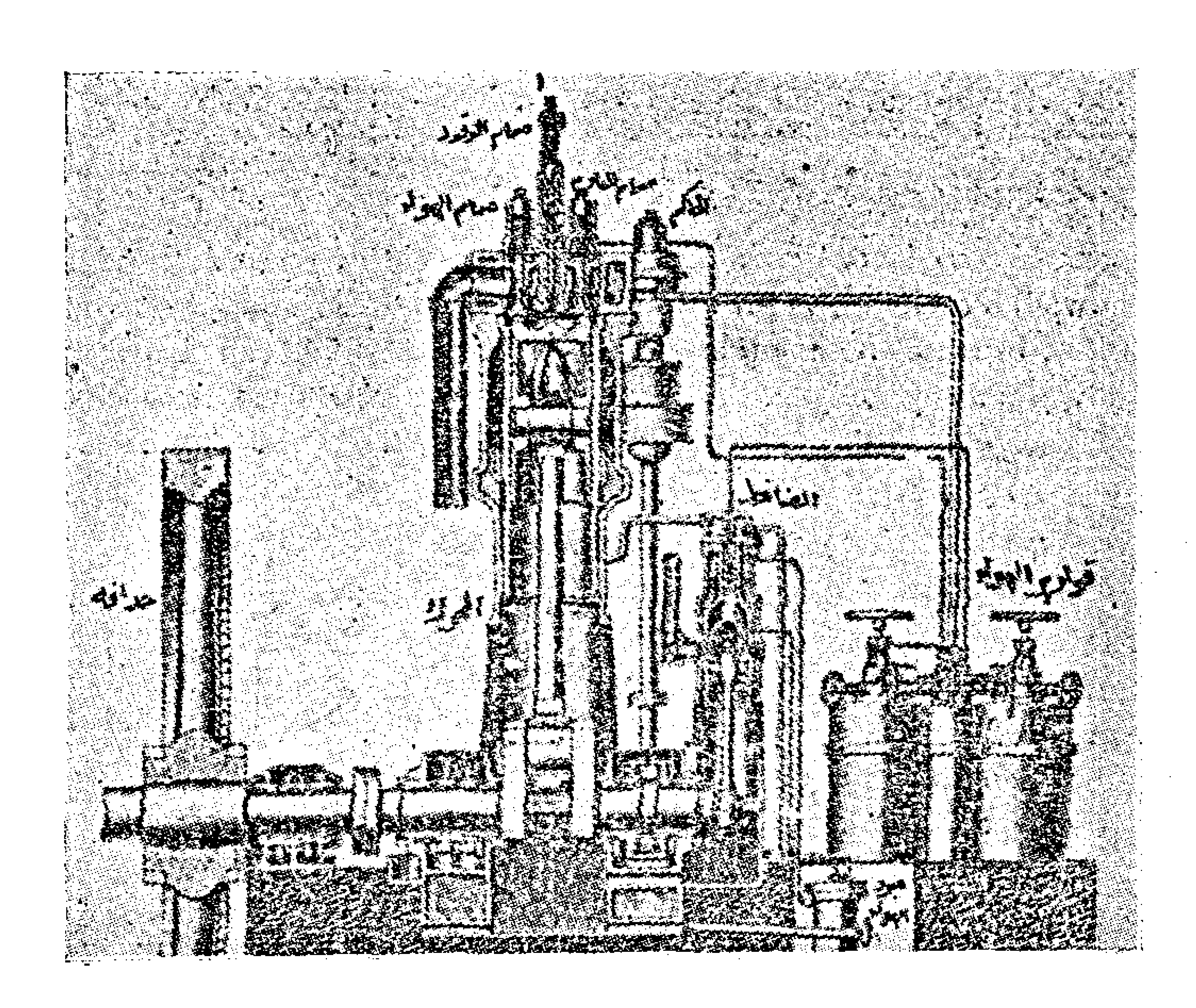
ع — مبرد الهواء

ن — قارورة تخزين الهواء

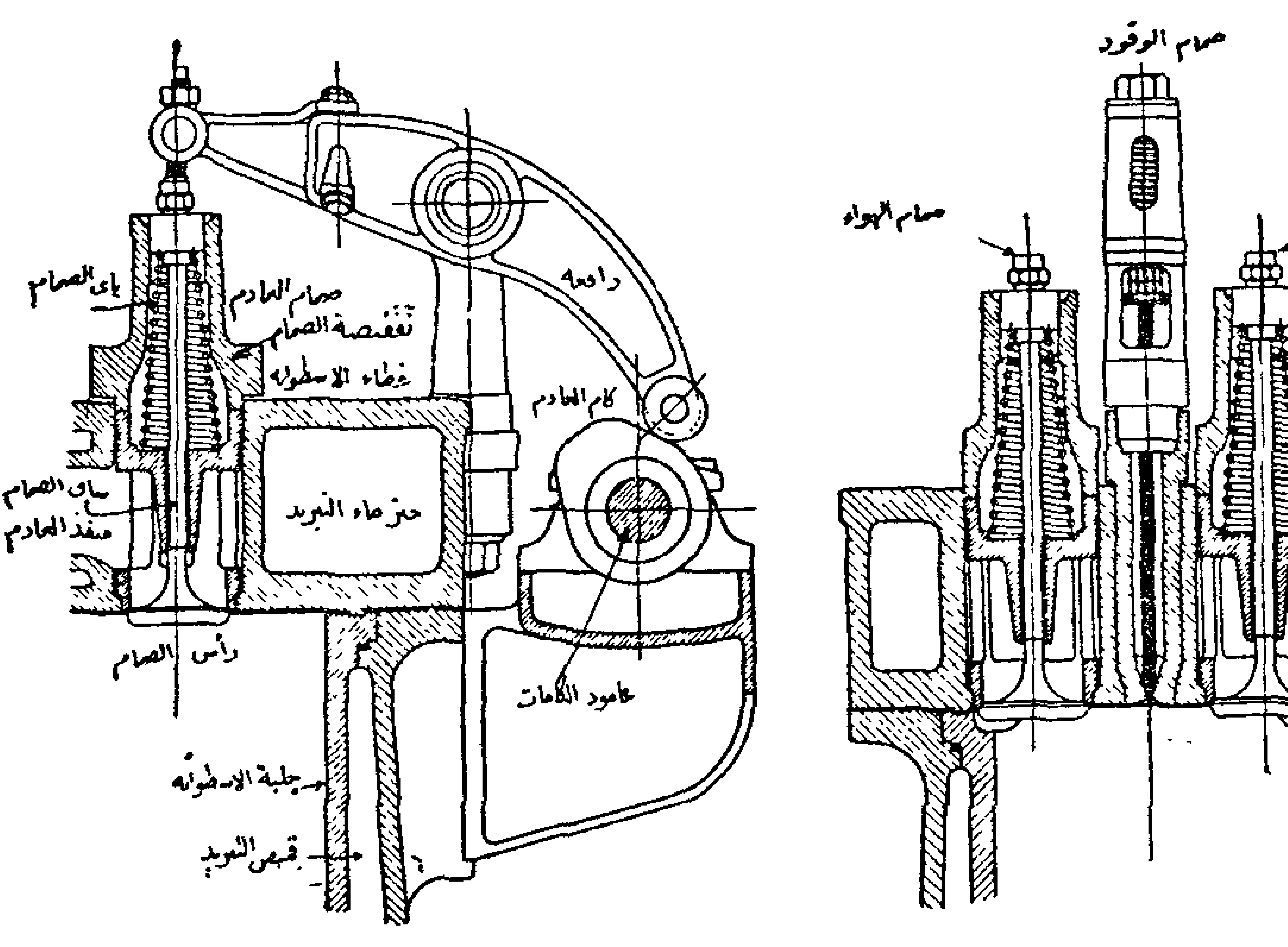
ط — طلمبة الوقود

ص — صمام سحب طلمبة الوقود

ك — كام صمام الحقن



شكل ١٠٤ ـ قطاع رأسى في محرك ديزل رباعي الاشواط ذو حقن هوائي

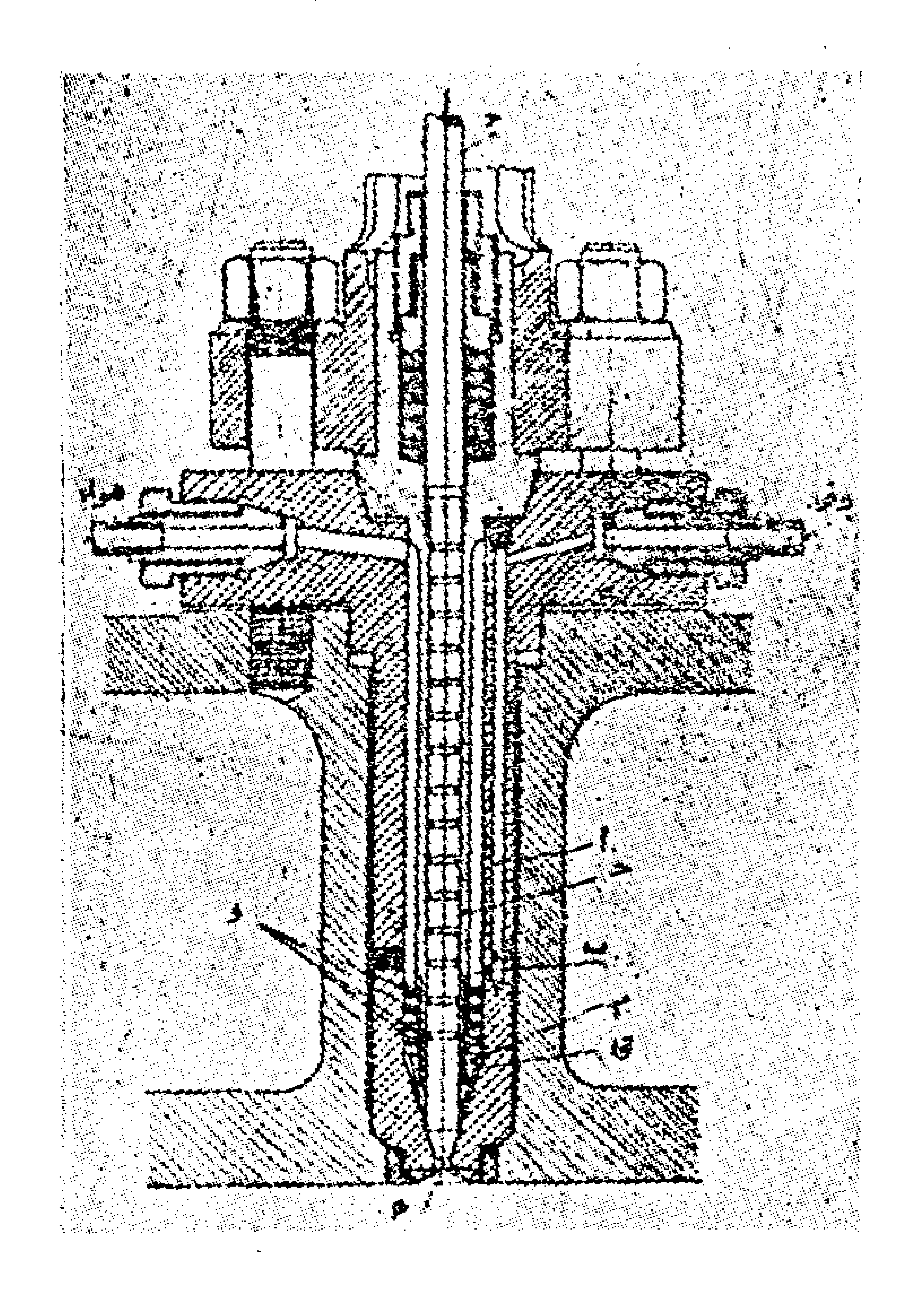


شكل ١٠٥ ـ غطاء اسطوانة محرك ديزل بما فيه من صمامات

شكل ١٠٦ ـ نظام حركة صمام العادم

المضغوط من الضاغط ويرسب في القوارير . وتمـلأ القوارير بعـد بدء الحركة مباشرة من الهواء المضغوط الزائد عن حاجة حقن الوقود الى أن يصـل الضغط فيها الى الحد المقرر وبعد ذلك تنظم كمية الهواء الوارده من الضاغط بحيث تكفى لحقن الوقود فقط بواسـطة ضبط صمام السحب في المرحله الاولى للضاغط

١٠٣ ـ **حقن الوقود** : تسـتوي المحركات ذات الدورة الرباعيـة وذات الدورة الثنائية في طريقة وتوقيت حقن الوقود . أذ ينفتح صمام الوقود من ثلاث الى سبع درجات قبل نهاية شوط الكبس ويقفل بعـد ابتداء الشوط الثاني بما يقرب من ٣٥° ويتوقف هـذا الموعـد في بعض أنـواع المحركات على الحمل الواقع على المحرك . وشكل ١٠٧ يبين طرازا شائعاً لصمام حقن الوقود بالهواء المضغوط فترد كمية محدودة من زيت الوقود من طلمبه خاصه تمر من خلال القناه (أ) الى الفراغ الحلقي (ب) ضد ضغط هواء الحقن اذ أن هذا الفراغ دائم الاتصال

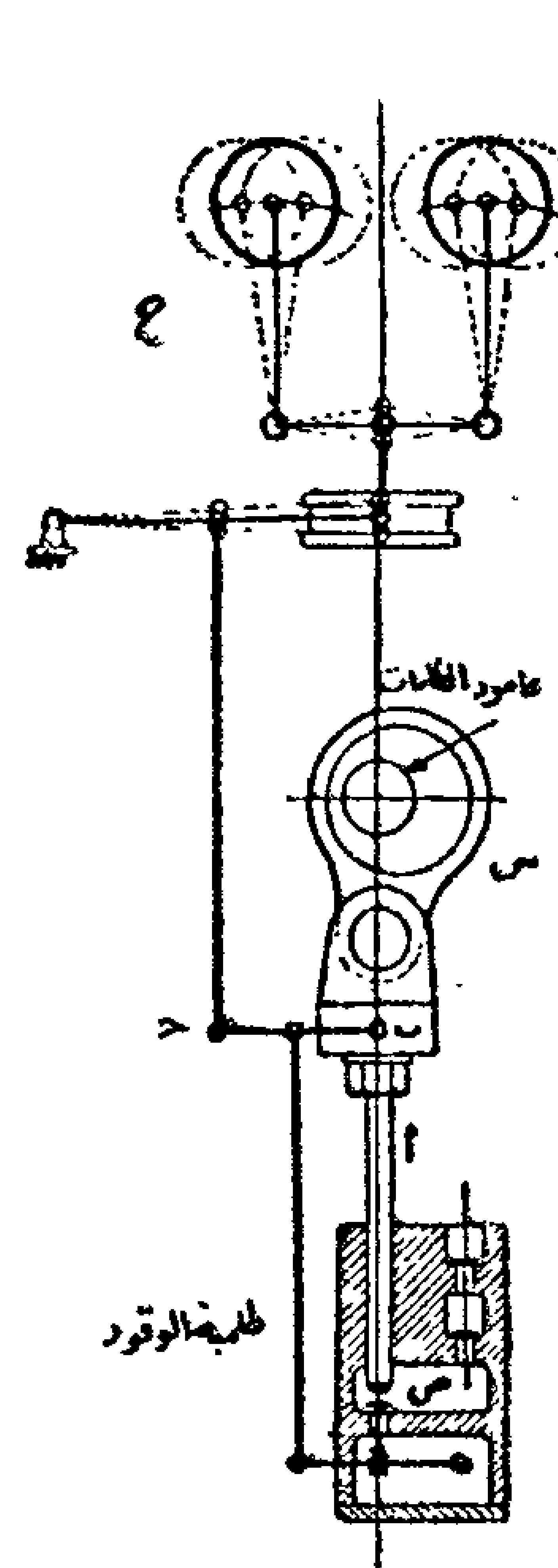


شكل ١٠٧ ـ صمام حقن الوقود في محرك ديزل ذو حقن هوائي

بقارورة الهواء المضغوط اثناء دوران المحرك وفي اللحظة المعينه ينفتح الصمام (ص) بتأثير الـكام الخاص به ويحقن الوقود بضغط الهواء من ورائه من خلال أقراص

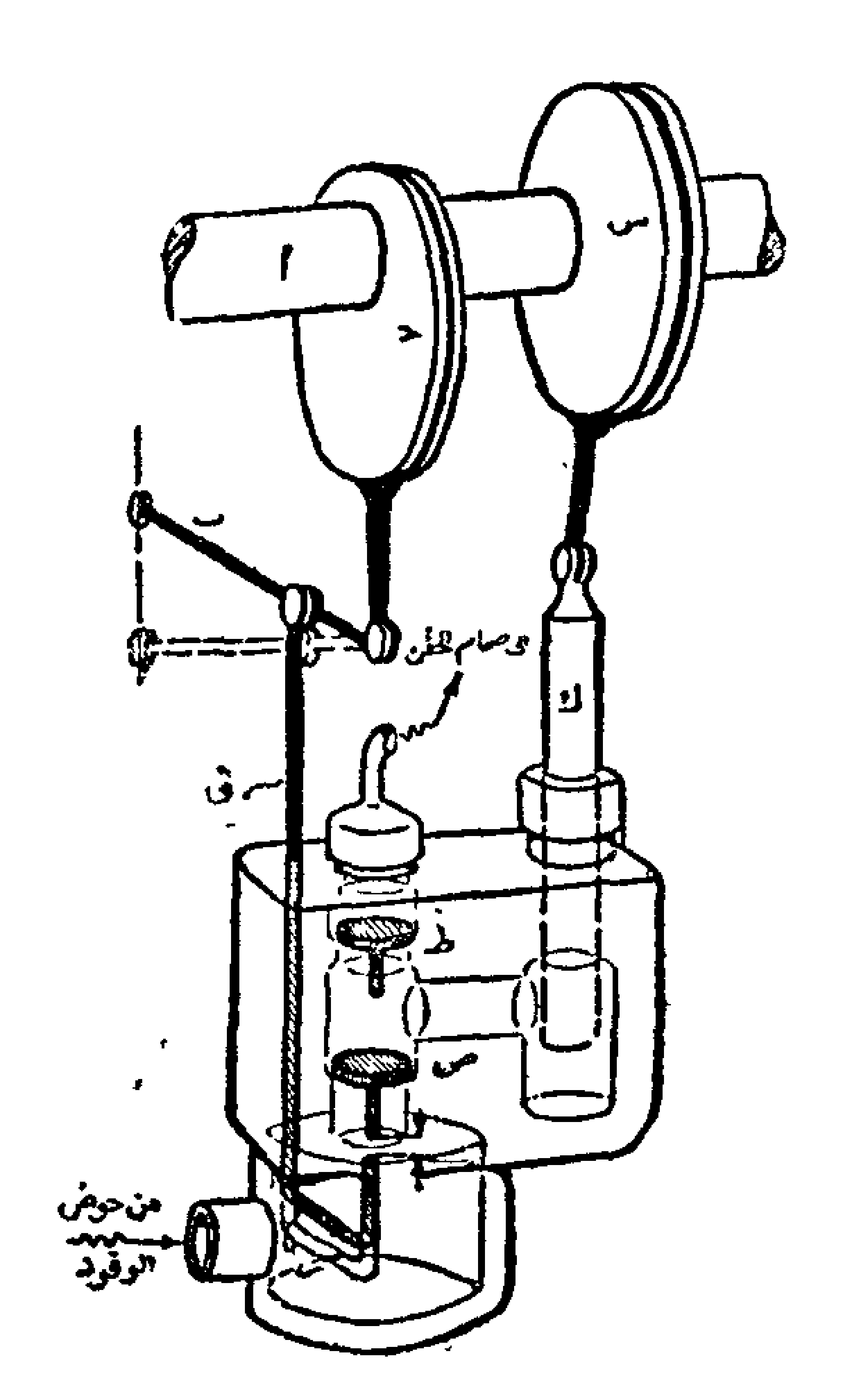
التذرية (ى) والقنوات الحلزونية (ں) والفوهة (ﻫ) الى الاسطوانة بشكل رذاذ رفيع . والغرض الحقيقي من أقراص التذرية والقنوات الحلزونية في الصامولة (م) هو خلط الزيت بالهواء خلطا تاما وذلك بفرش الزيت على أكبر مساحة ممكنة وتعريضه لتيار الهواء المضغوط . والعامل الوحيد على تذرية الوقود هو ثقب الفوهة (ﻫ) . ويتوقف على المقاومة الناشئة من الاقراص والقنوات وثقب الفوهة مجتمعة معدل نفاذ الزيت الى الاسطوانة وبالتالي سرعة الاحتراق التي يتوقف عليها ثبات الضغط المطلوب في دورة ديزل الحرارية ويختلف مدى أرتفاع ساق الصمام من ١,٥ ملليمترا في المحركات الصغيرة الى ست ملليمترات في المحركات الكبيرة .

١٠٤ ـ *تنظيم كمية الوقود* ـ تنظم كمية الوقود الواردة من الطلمبة الى صمام الحقن بطرق متعددة فمنها ما كان أساسه تغيير طول شوط طلمبة الوقود ومنها ما يعمل على تغيير موعد غلق صمام السحب في الطلمبة ومنها ما تكون نظريته أعادة جزء من كمية الوقود الواردة من الطلمبة قبل نفاذها الى صمام الحقن بجهاز مستقل وهلم جرا وفي جميع الانظمة يكون الحاكم هو العامل الاساسى على تنظيم كمية الوقود لتتناسب مع الحمل الواقع على المحرك (وشكل ١٠٨) يبين النظام المتبع في محرك «دويتس» حيث يستمد كابس الطلمبة (ا) حركته من عامود الكامات بواسطة أكسنتريك (س) ويتحكم في توقيت فتح صمام السحب (ص) تعشيقه مفصلية متصلة بالكابس عند (ب) من جهة وبالحاكم (ع) من جهة أخرى عند (ﺣ) فعند الوضع المناظر للحمل الكامل على المحرك يفتح ويغلق صمام السحب عند نهايتي



شكل ١٠٨ ـ طريقة تنظيم كمية الوقود في محرك ديزل

شوط السحب في الطلمبة ولكن عند الاحمال الخفيفة ترتفع النقطة (حـ) بتأثير الحاكم وبذلك يتأخر غلق الصمام فيترتب على ذلك عودة جزء من الزيت المسحوب أثناء شوط كبس الطلمبة (وشكل ١٠٩) يبين بطريقة أوضح نظام عمل الطلمبة وكيفية تنظيم كمية الوقود التي تغذيها الى صمام الحقن لتتناسب مع الحمل وفيه يرى كابس الطلمبة « ك » يستمد حركته من أكسنتريك أو مرفق صغير «س» مثبت بعامود الكامات «أ» وشوط الكابس في هـذه الحالة ثابت الطول وصمامي السحب والطرد ص و ط ينفتحا من تلقاء نفسيهما في الاوقات المناسبة في كل من شوطى السحب والطرد ولكن هناك رافعة « ر » متصلة بالحاكم عن طريق الساق « ن » والرافعة « ب » وتستمد الرافعة ب حركة ترددية من أكسنتريك « حـ » مثبت بعامود الكامات أيضاً . وحركة الرافعة ر متفقة وحركة الكابس عند الحمل الكامل على المحرك أما عند الاحمال الخفيفة فتتأخر حركة الرافعة عن حركة الكابس وبذلك يظل صمام السحب مفتوحا لبرهة تختلف مداها باختلاف الحمل على المحرك وتعود الكمية المناسبة من زيت الوقود الى حوض التغذية بدلا من نفاذها الى صمام الوقود .

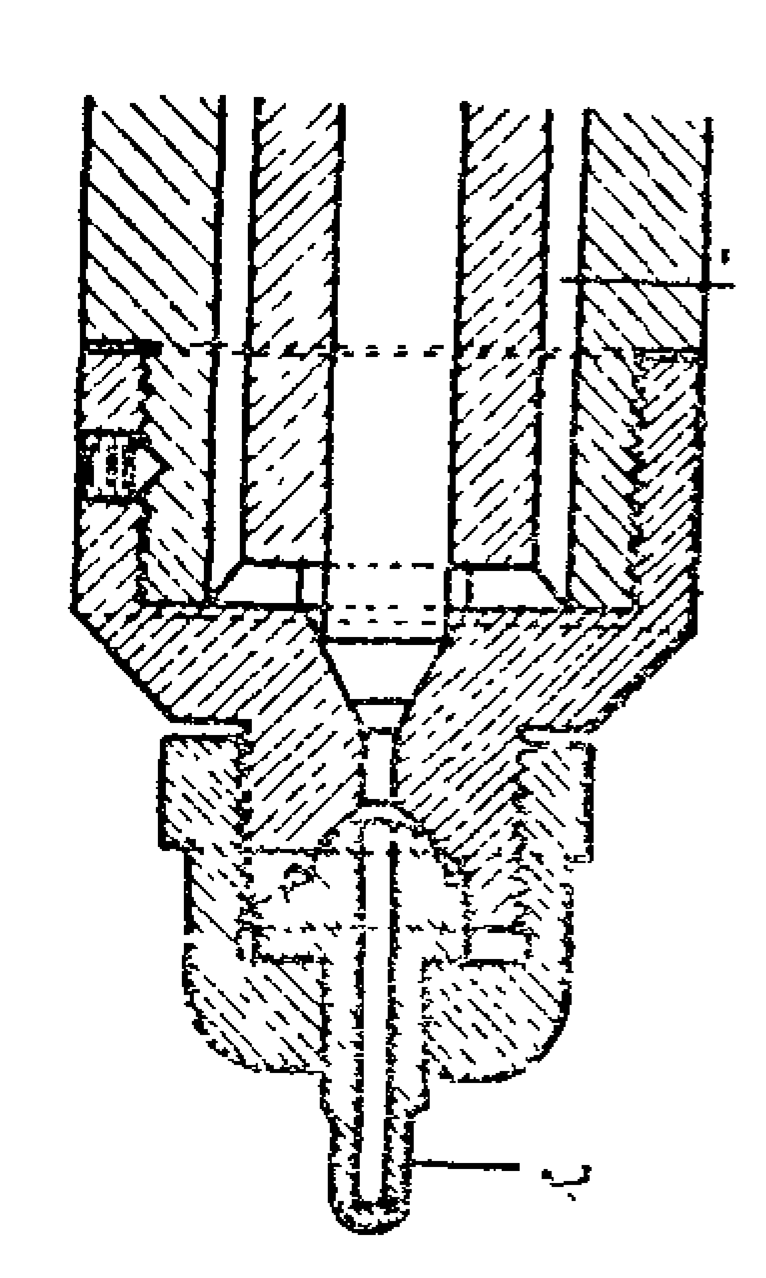


شكل ١٠٩ — نظام طلمبة الوقود في محرك دويتس

١٠٥ — **الحقن بالقوة** — تختلف هذه الطريقة عن طريقة حقن الوقود بالهواء المضغوط في أنها تعتمد على ضغط الزيت نفسه لتوفير شروط التذرية الصحيحة داخل خزنة الاحتراق وينشأ ضغط الزيت هذا بأحدى طريقتين أولهما بواسطة

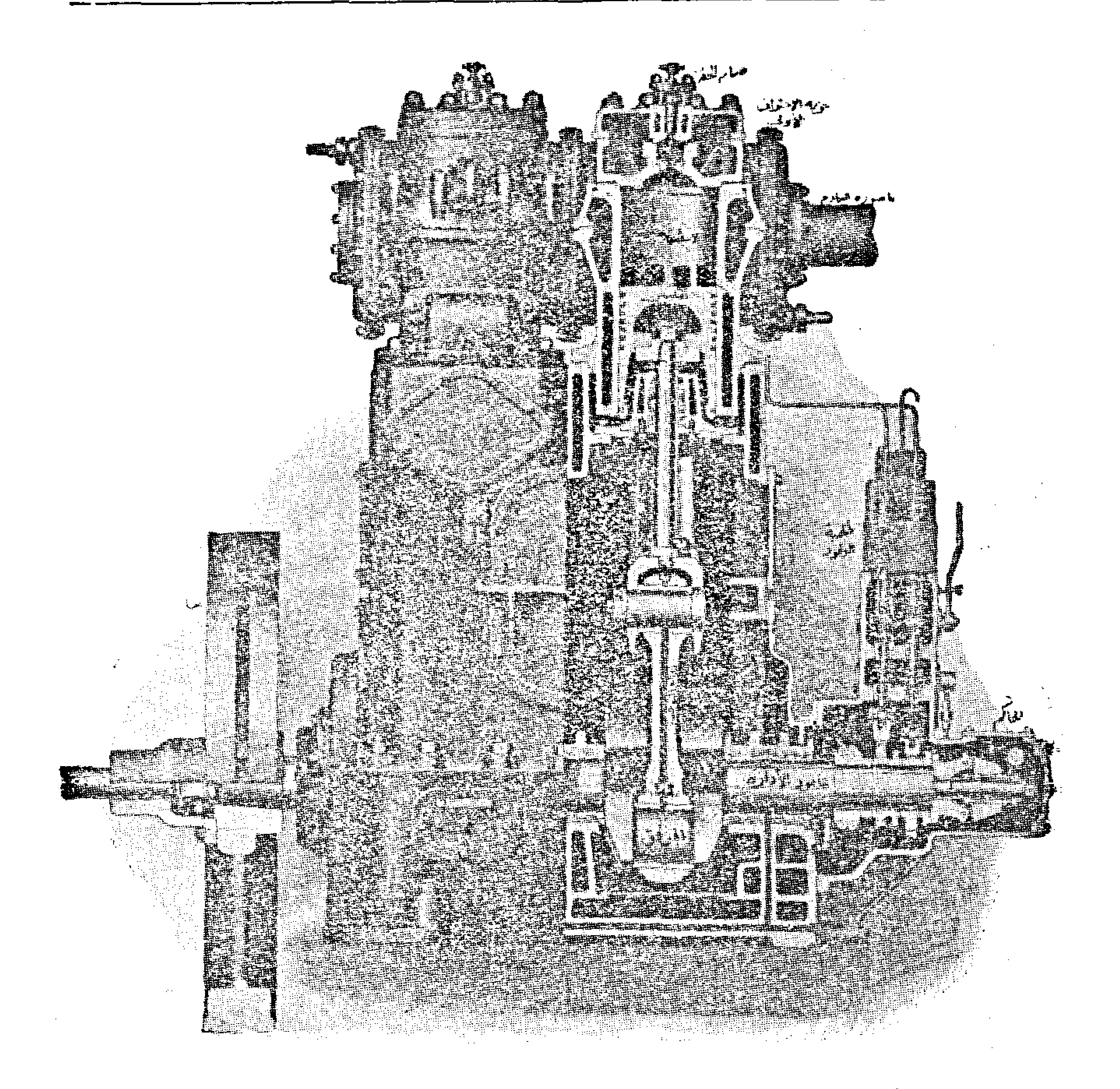
طلمبة خاصه تستمد حركتها من المحرك وثانيهما بطريقة « الاحـتراق الاولى »
التي سيأتي شرحها فيما بعد .

وشكل ١١٠ يبين قطاعا في فوهة صمام لحقن الوقود بالقوة فيرد الزيت الى الحيز الحلقي « ا » على ضغـط عظيم من ٣٠٠ الى ٧٠٠ كـج على البوصة المربعة وترفع ابرة الصمام بنفس طريقة رفعه في الحقن الهوائى في الوقت المناسب فينفذ الزيت الى الاسطوانه من خلال ثقوب رفيعه « ب » بسرعة هائلة تعمل على تذريته وتتوقف كفاية هذه التذرية على عدد ووضع وأشكال الثقوب التي ينفذمنها الزيت وعلى ضغط الزيت الوارد .



شكل ١١٠ ـ فوهة صمام حقن الوقود بالقوة

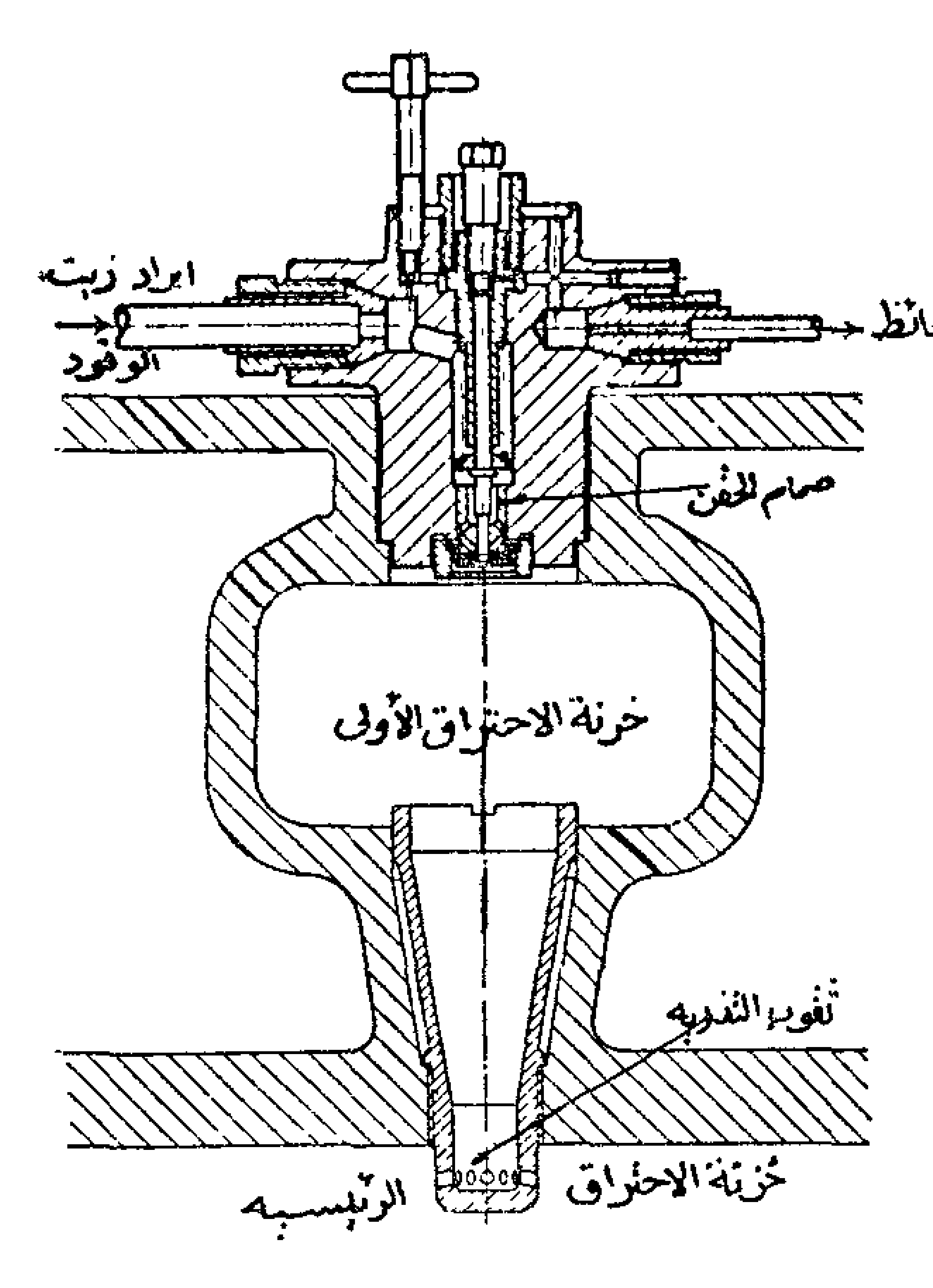
وتنظم كمية الزيت أما عن طريق صمام السحب في الطلمبة أو بتغيير مدى فتحة صمام الحقن . وفي نوع آخر من هذه الصمامات يستغنى عن تعشيقة فتح الصمام كلية ويفتح الصمام بواسطة ضغط الزيت الوارد من الطلمبة وبمعنى آخر يبتدي الحقن عند ابتداء شوط الطرد في الطلمبة ويسمى هذا النوع بالحاقن الاتوماتيكي وفي كلا النوعين المذكورين يجب أن تتخذ عناية فائقة لتجنب أي رشح في نظام أيراد الزيت المضغوط أذ ان أقل رشح كاف لضياع ضغط الزيت وعدم نفاذه الى الاسطوانة كما أن الضغوط الهائـلة المستعملة تحتم تصميما خاصا لطلمبه الزيت . لذلك تفضل طريقة الاحتراق الاولى في حقن الزيت على طريقة الحقن المباشر (وشكل ١١١) يبين محرك ديزل ذو اسطوانتين يشتغل على الدورة الثنائية الاشواط من صنع « شركة ويرذنجتون » الانجليزية ويحقن فيه الوقود بدون هواء مضغوط على طريقة الاحتراق الاولى وفي (شكل ١١٢) تفصيل لصمام حقن من هذا النوع . فيرد الزيت على ضغط أعتيادي عـند ابتداء شوط الانضغاط في أسطوانة المحرك ويرسب في أسفل حيز صغـير يسمى خزنة الاحتراق الاولى يتصل بخزنة الاحتراق الرئيسيه بثقوب رفيعة لاتسمح



شكل ١١١ ـ محرك ديزل ذو دورة ثنائية وحقن بالقوة

بمرور الزيت الثقيل من خلالها ألا أذا ساط عليه ضغط مرتفع . وعند نهاية شوط الضغط ترتفع درجة حرارة الزيت الى درجة تتبخر عندها المواد الطيارة من الزيت وتحترق في خزنة الاحتراق الاولى ويترتب على هذا الاحتراق ارتفاع الضغط الى الحد اللازم لقذف الزيت من خلال ثقوب التذرية الى خزنة الاحتراق الرئيسية في أسطوانة المحرك بشكل رذاذ تام التذرية . وظاهر أنه حيث أن الضغط الذي يغذي عليه الزيت الى صمام الحقن لا يتجاوز بضعة كيلو جرامات على السنتيمتر المربع فقد أزيلت أهم عوامل التلف في نظام الحقن بالقوة لأنه في هذه الحالة يولد الضغط اللازم للتذرية داخل خزنة الاحتراق .

١٠٦ ـ **مجال استعمال محركات الزيت الثقيل** ـ ربما يتسرب الى ذهن القاريء أن تعدد أنواع المحركات يوقعه في حيرة من حيث أختيار الاصلح منها لتوليد القدرة ولكن الواقع أن لكل نوع من هذه المحركات مجال خاص وظروف معينة تجعله أصلح من غيره للاستعمال ففي الوقت الحاضر يمكن أن يقال أنه لتوليد القدرات التي تفوق ٤٠٠٠ حصان* لا يوجد للطوربين البخاري مزاحم وأما للقدرات التى دون ذلك فيقع الاختيار بوجه عام على أحد أنواع محركات الاحتراق الداخلي بحسب القدرة المطلوبة وظروف العمل ويمكن تلخيص مجال استعمال المحركات المختلفة فيما يأتي :ـ



شكل ١١٢ ـ تفصيل لصمام حقن الوقود بدون هواء

(١) تستعمل محركات البنزين في سيارات نقل الركاب وفي الطائرات فقط .

(٢) تستعمل محركات الكيروسين في أدارة طلمبات الري الثابتة وكثيرا ما توضع على عربات تنقل من مكان لآخر للاعمال المختلفه التى تتطلبها الشؤون الزراعية ومنشئات الري وأعمال الطرق الخ كما أنها تستعمل الآن كثيرا في سيارات نقل البضائع وسيارات النقل المشترك للركاب وهلم جرا ولا تزيد القدرات المولدة بهذه المحركات عن ثلاثين أو أربعين حصانا على الاكثر .

---

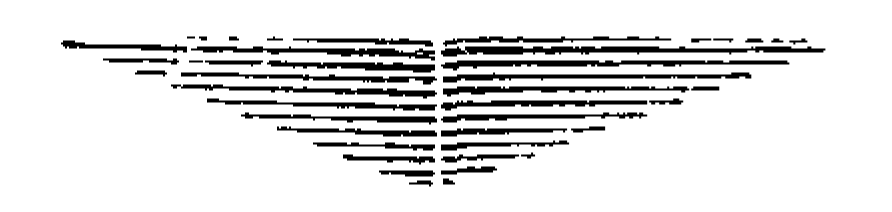
* اختلف المهندسون في تقدير هذا الرقم فنهم من يفضل استعمال الطوربين في القدرات التي تفوق الـ ٢٠٠٠ حصان ومنهم من يتعدى الاربعة آلاف والواقع أن المسأله تتعلق بظروف العمل من حيث ارخص أنواع الوقود المتوفره وكفاءة ملاحظي العمل وعوامل اخرى لايتسع المقام لايرادها .

(٣) تستعمل محركات الزيت الثقيل ذات الضغوط المنخفضة عندما يكون الطلب على القدرة مستمرا وللقدرات الصغيرة التى لا تزيد عن ١٢ أو ١٥ حصانا وفي الظروف التى لا يتوفر فيها العمال ذوي الكفاءة الميكانيكية

(٤) تستعمل محركات الزيت الثقيل ذات الضغط العالي في القدرات التي تقع بين ١٢ ، ٥٠ حصانا وتحتاج في ادارتها الى قليل من العناية والخبرة .

(٥) وأما للقدرات التى تفوق ذلك فلا يوجد أصلح من محركات ديزل لاقتصادها في صرف الوقود ولو أنها تتطلب مهارة فوق المعتاد لضمان حسن سيرها وحمايتها من العطب السريع .

(٦) وتوجد ظروف خاصة لا مندوحة فيها عن أستعمال المحركات البخارية أو محركات الغاز كأن يكون مكان توليد القدرة بالقرب من مصانع توليد غاز الاستصباح أو مصانع الصلب مثلا أو في مكان تتوفر فيه المخلفات الزراعية التي يمكن استعمالها في توليد البخار أو كأن يكون توليد البخار ضروريا لعمل من أعمال المصنع وهلم جرا .



الفصل الثامن

المحركات الدورانية

العجلات المائية والطوربين المائى والطوربين البخارى والمحرك الكهربائى

١٠٧ ــ تناول البحث في الفصول السابقة ما يسمى المحركات الترددية وقد أستعمل الوسيط المحرك لدفع مكبس داخل الاسطوانة ذهابا وعودة بحركة ترددية ومن ثم حوّلت هذه الحركة الى حركة دورانية بواسطة ذراع التوصيل والمرفق ولكنه يوجد نوع من المحركات على جانب عظيم من الاهمية وهو النوع الذي تحول فيه طاقة الوسيط الى حركة دورانية مباشرة ويمكن تقسيم هذه المحركات الى ثلاثة فروع رئيسية حسب نوع الوسيط المستعمل في أدارتها وهى :

أ ــ المحركات المائية وهى التي يستعمل فيها الطاقة الوضعية أو التحركية للماء

ب ــ الطوربينات البخارية وهى التي يستعمل فيها طاقة بخار الماء

حـ ــ المحركات الكهربائية وهى التي يستخدم فيها الطاقة الكهربائية لادارتها .

وربما يعترض القاريء بأن محركات الفرعين الاول والاخير لا تدخل ضمن المحركات الحرارية لانه لا تظهر علاقة واضحه بين الماء والكهرباء من جهة والحرارة من جهة أخرى ولكن هذا الاعتراض مردود متى عاد القاريء الى الفصل الثاني الخاص بمنابع القدرة حيث يجد أن جميع منابع القدرة أصلها الحرارة فلولا حرارة الشمس لما تبخرت مياه البحار والأنهار ثم تساقطت على المرتفعات ثم انحدرت الى الوديان ومن ثم توليد القدرة بالمحركات المائية كما أن الطاقة الكهربائية أصلها طاقة حرارية أستعملت بشكل بخار أو وقود في محركات أولية تدير مولدات كهربائية .

المحركات المائية

١٠٨ ــ **تقسيم المحركات المائية** ــ يمكن تقسيم المحركات المائية الى أربعة فروع أساسية :

(١) المحركات التي تشتغل بتأثير وزن الماء الوارد اليها من مستو عال .

(٢) المحركات التي تستمد حركتها من الطاقة التحركية للماء المتدفق اليها .

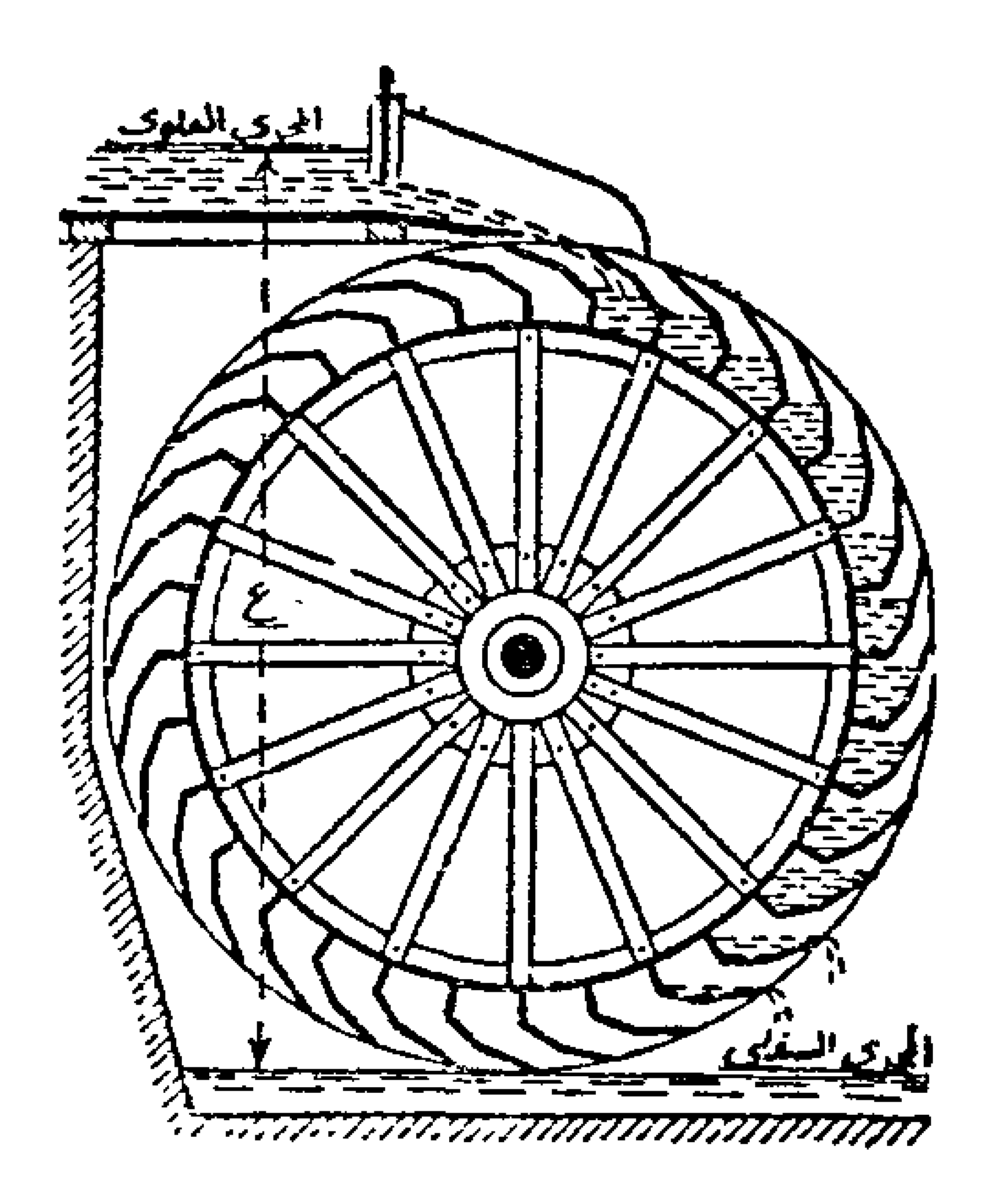
(٣) المحركات التي أساس العمل فيها خليطمن تأثير الوزنوالطاقةالتحركية

(٤) المحركات التي تدور بتأثير رد فعل الماء الخارج من فوهات خاصة في محيطها . والمحركات المائية من حيث الشكل على نوعين : ــ

ا ــ عجلات مائية وهى طارات رأسية ضخمة مركب على محيطها قواديس تمتلىء بالماء أو قواطيع يدفعها تيار الماء وتشتغل على احد الثلاث أنظمة الاولى ويرد اليها الماء في نقطة معينة من محيطها .

ب ــ طوربنيات مائية وهى عجلات صغيرة نسبيا مركب على محيطها ريش أو كفات يرد اليها الماء من جميع الجهات دفعة واحدة . وتفضل الطوربنيات على العجلات لصغر الحيز الذي تشغله وخاصة في القدرات العظيمة ولعلو جودتها بالنسبة للعجلات المائية .

١٠٩ ــ **العجلات الفوقية** ــ وتستعمل عندما يكون سقوط المياه كبيرا (وشكل ١١٣) يبين احدى هذهالعجلات حيث يرد الماء من المجرى العلوى الى الحافة العلوية للعجلة ويصب في قواديس مركبة في حافة العجلة وتتكون هذه القواديس من ألواح معدنية أو خشبية مقوسة بشكل معين بحيث يحفظ الماءداخلها



شكل ١١٣ ــ عجلة مائية فوقية

الى اقصى مدى من حركة العجلة قبل انصرافه الى المجرى السفلى . وتنظم كمية الماء الواردة للقواديس بواسطة بوابات أو فتحات خاصة تفتح وتغلق باليد أو بواسطة الحاكم أذا وجد ويلاحظ أن القوة المحركة للعجلة مستمدة من وزن الماء في القواديس ليس ألا فأذا كان مدى سقوط الماء ع مترا والكمية الواردة للعجلة ل لترا في الثانية تكون الطاقة الممكن الحصول عليها من الماء في كل ثانية

= ع ل و كيلو جرام مترا

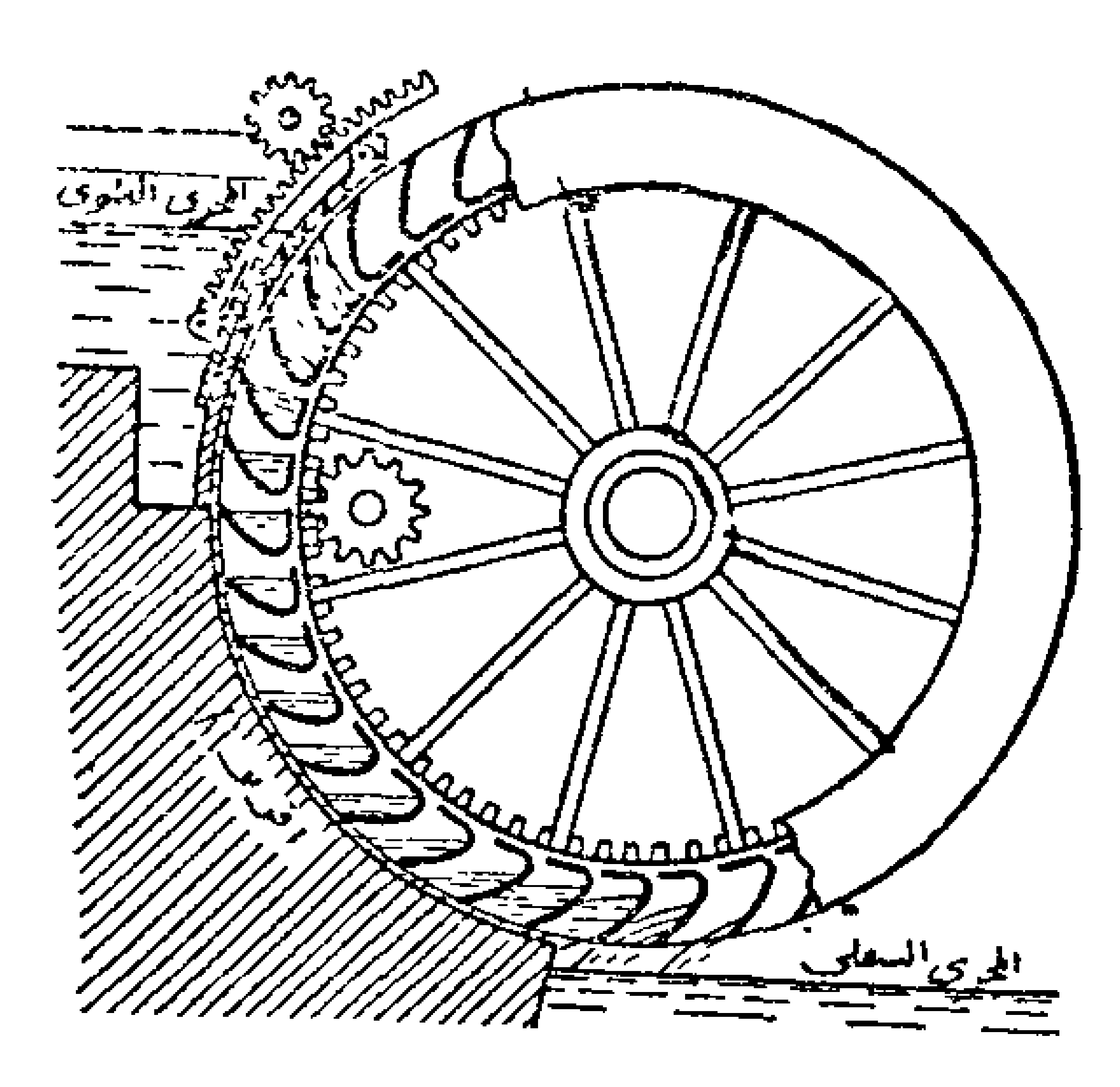
حيث « و » وزن لتر الماء بالكيلو جرام = ١

أي أن القدرة الحصانية الممكن الحصول عليها = $\frac{ع\ ل}{٧٥}$ حصانا

وهذه العجلات لا يمكنها تحويل أكثر من ٧٠ الى ٨٥ في المائة من هذه القدرة الوضعية للماء الى قدرة تحركية ينتفع بها أي أن جودتها بين ٧٠ ، ٨٥ في المائة وتفقد باقي قدرة الماء في التغلب على المقاومة الاحتكاكية للعجلة وما يسقط من القواديس من الماء قبل وصولها الى أوطى نقطة في العجلة .

وتوجد هذه العجلات بكثرة في أقليم الفيوم حيث تكثر الهدارات وتسمي « سواقي الهدير » وهي في الغالب مصنوعة من الخشب وجودتها قليلة جدا لرداءة تصميمها ويستعملها الفلاحون لرفع المياه للري ولادارة طواحين الحبوب الصغيرة .

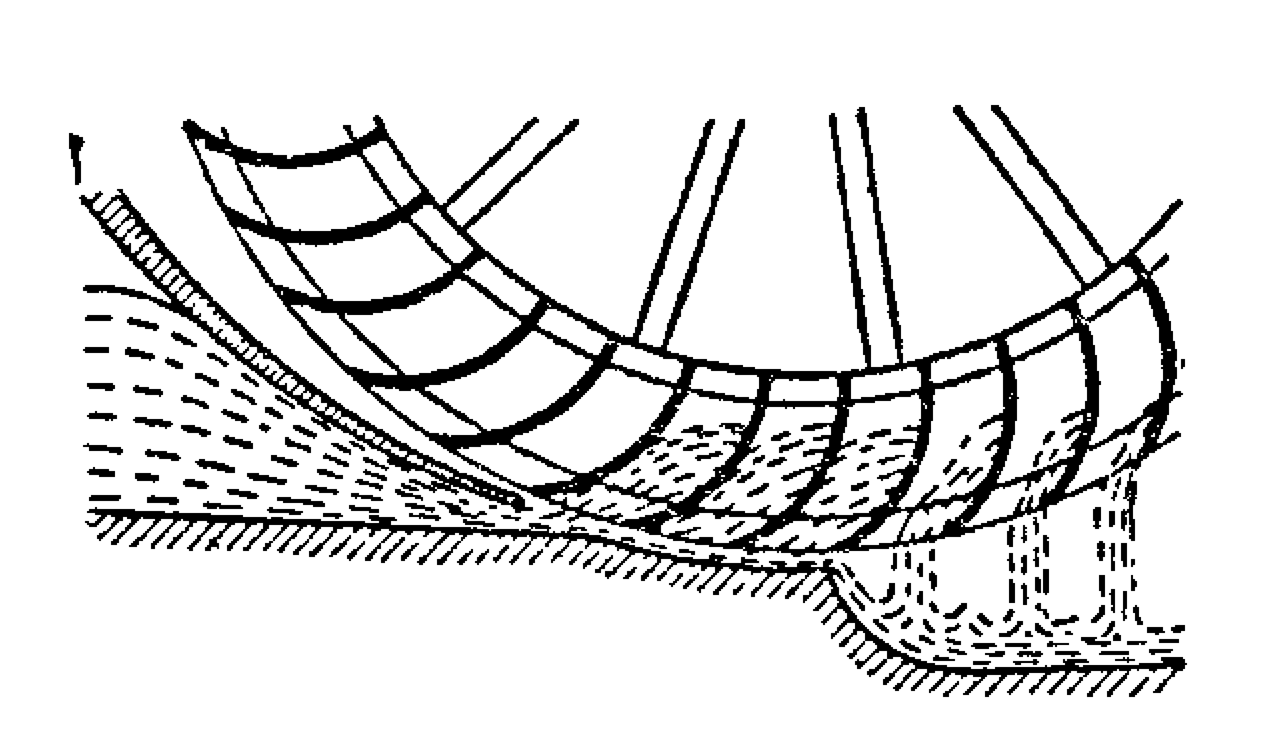
١١٠ — العجلات الصدرية — ولا تختلف عن العجلات الفوقية سوى في طريقة أيراد الماء الى القواديس (وشكل ١١٤) يبين نوعا حديثاً من هذه العجلات حيث يبني أفريزا تكون حافته مقوسة بشكل محيط العجلة ليحفظ



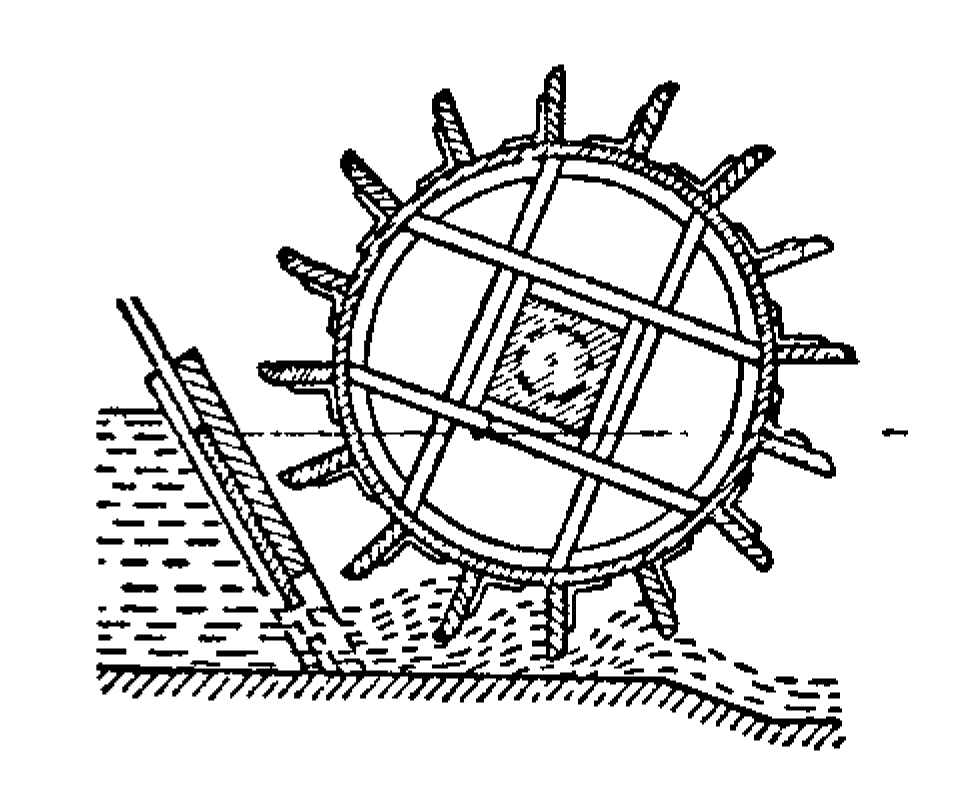
شكل ١١٤ـ عجلة مائية صدرية

الماء من الهروب من القواديس قبل وصولها الى المجرى السفلى وتنظم كمية المياه الواردة بواسطة فتحات خاصة تفتح وتغلق بواسطة الحاكم أو باليد . ويلاحظ أن في هذه العجلات أيضاً يستخدم تأثير وزن الماء فقط في تحريك العجلة ألا أذا كان الموضع الذي يرد منه الماء الى العجلة أوطى من مركزها ففي هذه الحالة تكون القوة المحركة لها مستمدة من وزن الماء ومن قوة اندفاعه الى القواديس .

١١١ — *العجلات التحتية* — وتستعمل في المدارات القليلة الغور وحيث تكون سرعة الماء عظيمه وتشتغل بقوة اندفاع الماء فقط أي تستخدم الطاقه التحركيه للماء الناشئه من سرعة تدفقه نحو العجله (وشكل ١١٥) يبين طرازا قديما من هذه العجلات وعلى هذا الشكل البدائي لاتزيد جودتها عن ٢٠ ٪ لكثرة فقد طاقه تحرك الماء في الدوامات وفي الاصطدام مع كفات العجلة وفي الطراز الحديث من هذه العجلات (شكل ١١٦) زيدت الجوده الى ٦٠٪ بما أدخل على تصميمها من أنظمة مبنية على النظريات العلمية فمثلا أستخدم الدليل



شكل ١١٦ — عجلة مائية تحتيه حديثة

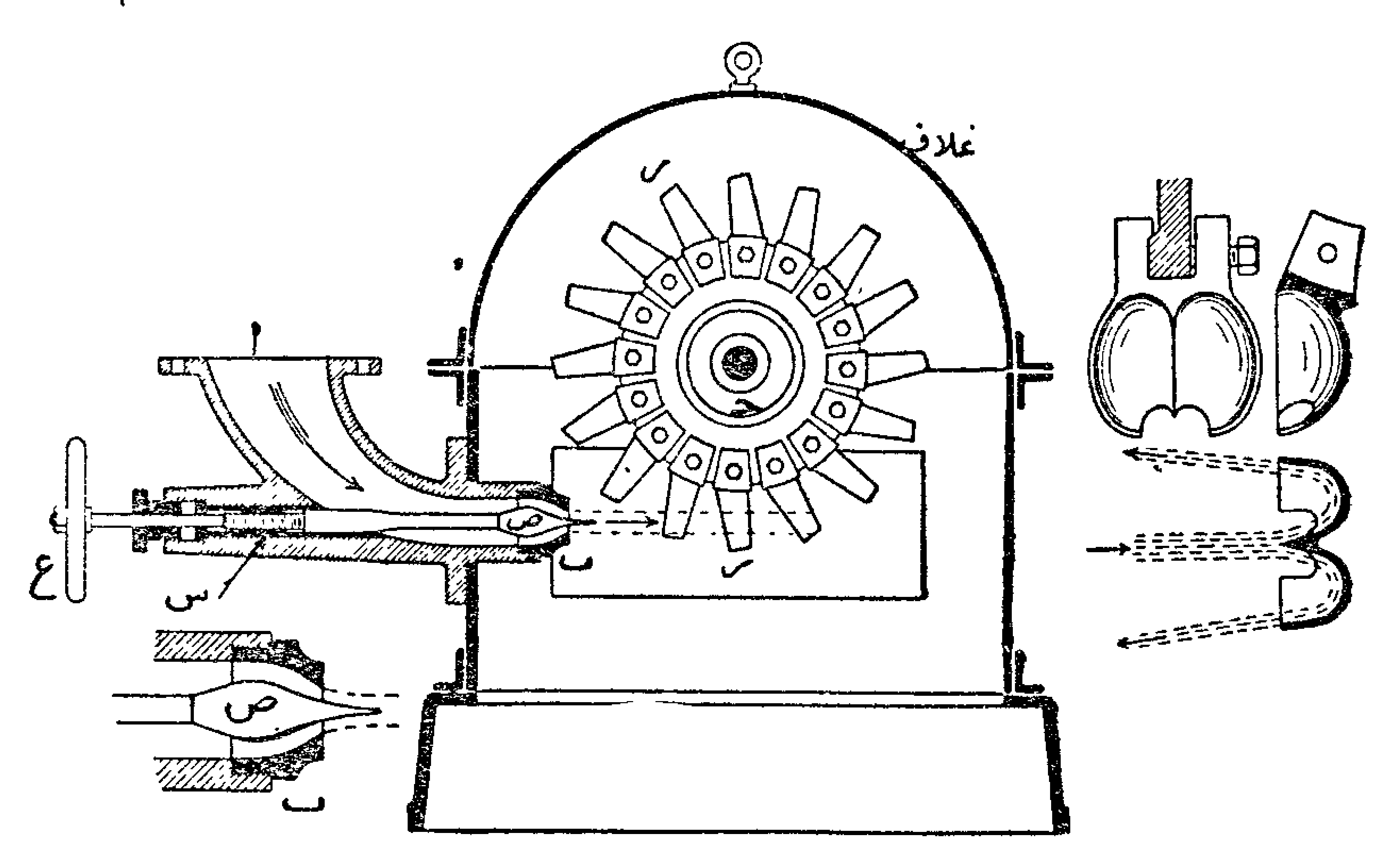


شكل ١١٥ — عجلة مائية تحتية قديمة

المقوس ا ليوجه سرعة الماء نحو الريش بحيث لاتحدث دوامات أو أصطدام وكذا صنعت الكفات نفسها مقوسه لمنع اصطدام الماء فيها سواء كان في دخوله اليها أو خروجه منها .

١١٢ — *عجلة بلنوره* — ليس هذا المحرك سوى عجلة تحتية صغيرة يرد اليها الماء من فوهة صغيرة بسرعة عظيمة . ففي (شكل ١١٧) يرد الماء من الماسورة ا الى الفوهة ب حيث ينفذ بسرعة هائلة ويصطدم مع الكفات « ر »

المثبتة على محيط عجلة صغيرة « ح » داخل غلاف من الزهر وتنظم كمية المـاء المقذوفة من الفوهة بواسطة ابرة « ص » تتحرك أفقيا بواسطة العجلة « ع » والساق المقلوظ «س» وشكل ١١٨ يبين تفصيل أحد الـكفات المزدوجة المستعملة وهى مقوسة بشكل معين بحيث أن تيار الماء المقذوف من الفوهة ينقسم الى



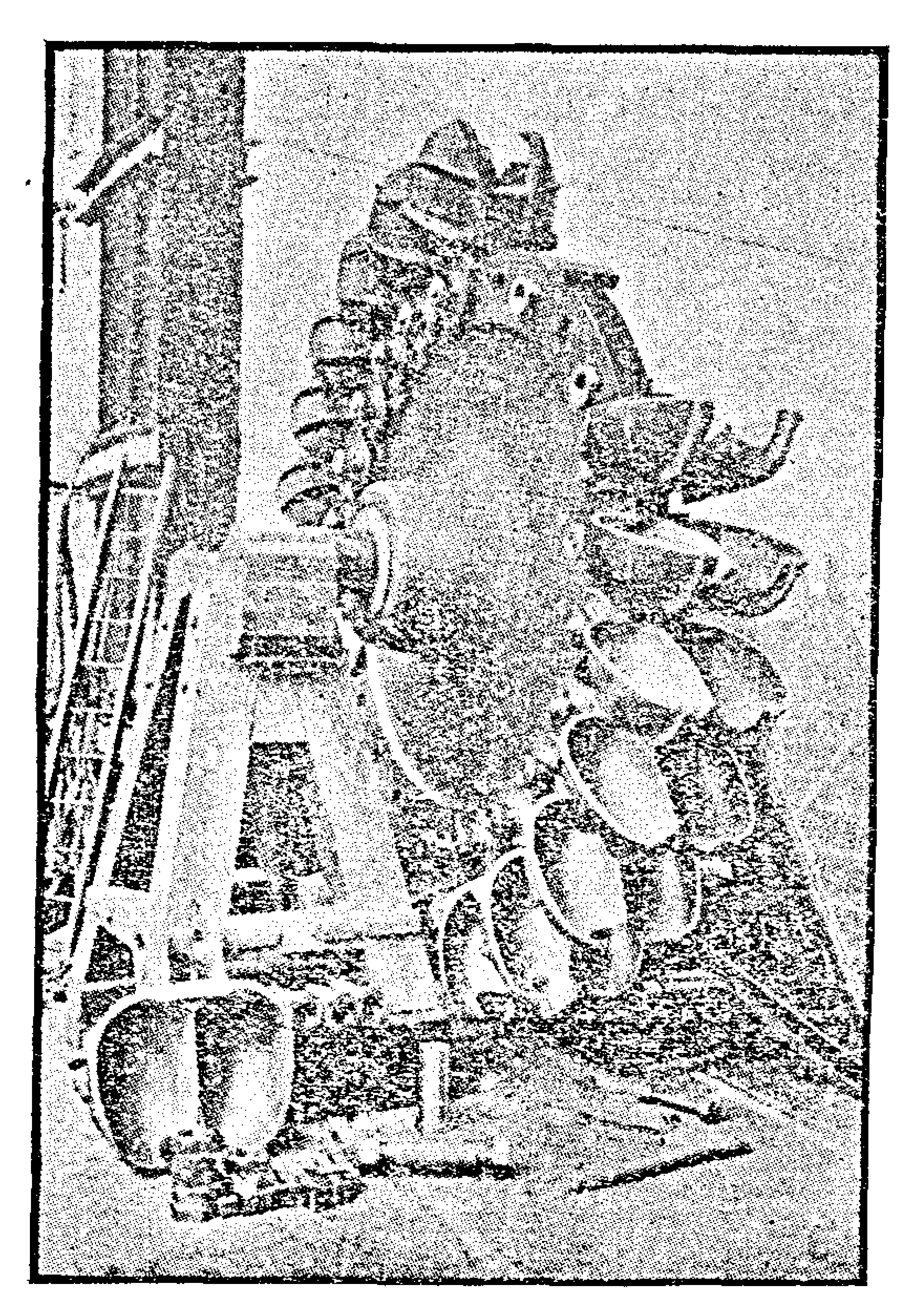
شكل ١١٧ ـ عجلة بلتون المائية

شكل ١١٨
تفصيل الـكفات

فرعين عند مقاباته للكفة يسير كل فرع منها بدون اصطدام حول منحني الكفه ويسقط منها في أتجاه معاكس تقريباً لاتجاه دخول تيار الماء وبهذه الطريقة يمكن الحصول على قدرة نافعة تبلغ اكثر من ٨٠ ٪ من القدره التحركيه للماء الوارد (وشكل ١١٩) يبين ضخامة عجلة محرك من هذا النوع صنعته الشركه الكهربائيه الانجليزيه وقدرته ١٥٠٠٠ حصانا .

١١٣ ـ **الطوربين المائى** ـ قد ذكر فيما سبق ان الفرق بين الطوربين والعجلات المائية هو أن الماء يتخلل الكفات باكملها على دائر محيط الطوربين بينما في العجلات لا يؤثر الماء الا على بضع كفات في وقت واحد . ويمكن تقسيم الطوربنيات المائية الى نوعين احدهما دفعى والآخر رجعى فالطوربين الدفعي

يستمد حركته من قوة الدفع الناتجة من سرعة تيار الماء المساط على كفاته والطوربين الرجعي هو ما كانت حركته ناشئه من رد الفعل المترتب على تدفق الماء بسرعة من كفاته . ومن حيث أتجاه حركة الماء تقسم الى اربعة انواع تعرف كل منها عادة



شكل ١١٩ ـ عجلة محرك بلتون المائي من صنع الشركة الكهربائية الانجليزية

بأسم المهندس الذي اخترعها او اقترن أسمه بها لكثرة ما ادخل عليها من التحسين

(١) طوربين فورنيرون [١] وأتجاه دورة الماء فيه من المركز الى الخارج في أتجاه نصف القطر

(٢) طوربين فرانسيس [٢] وأتجاه دورة الماء من الخارج الى الداخل في أتجاه نصف القطر

(1) Fourneyron (2) Francis

(٣) طوربين جونفال [1] حيث حركة الماء في اتجاه المحور مماسا للمحيط

(٤) الطوربين الامريكى حيث اتجاه حركة الماء خليط من نصف قطري ومماسى وسمي أمريكي لشيوع استعماله في امريكا .

والنوعان الثاني والرابع هما اكثر الطوربينات المائية استعمالا في الوقت الحاضر وتصنع أما على النظام الدفعي او النظام الرجعي والاخير هو الاكثر استعمالا من الاول.

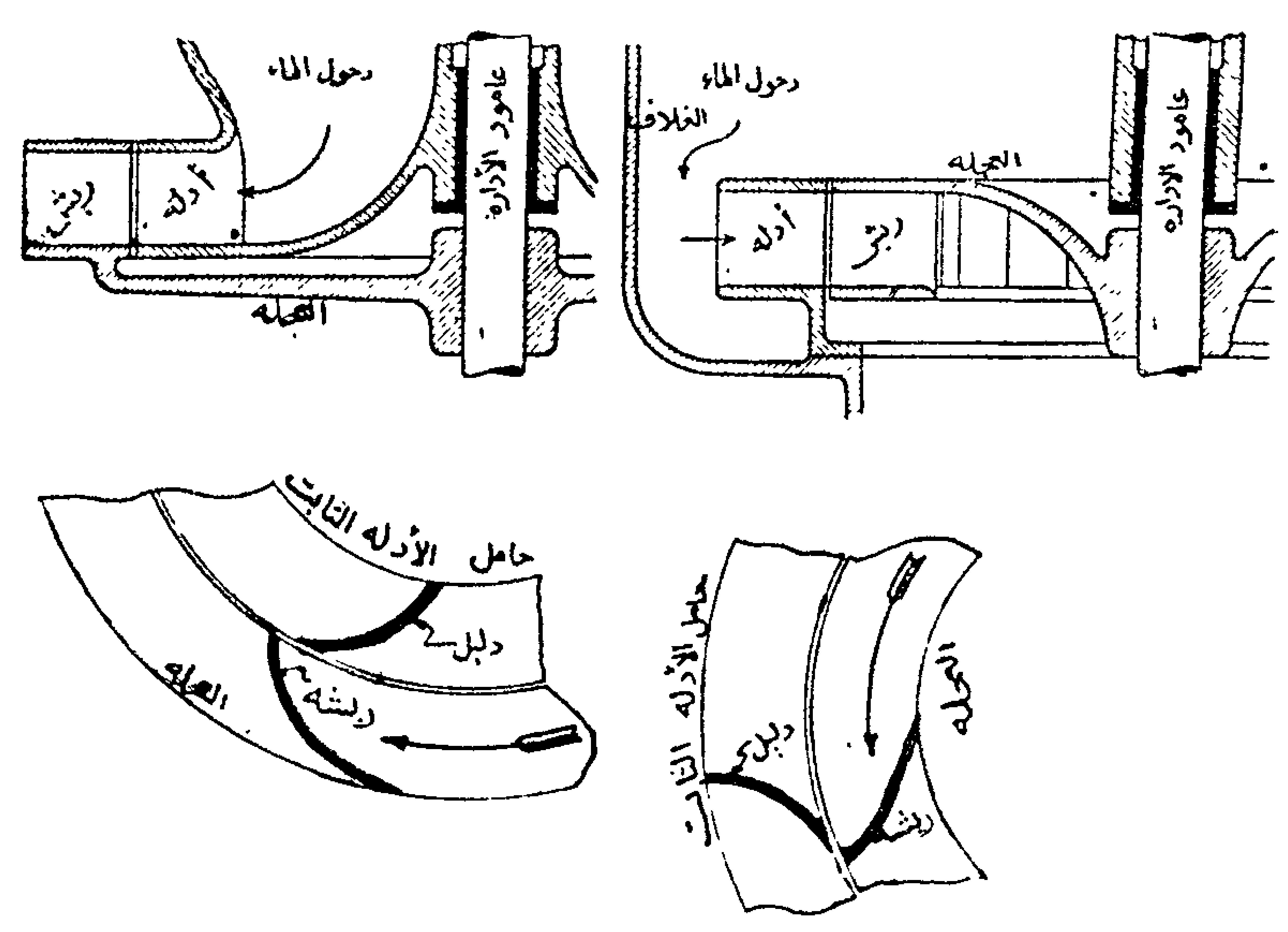
١١٤ ــ **النظام الدفعي للطوربينات المائية** . في هذا النظام يرد الماء الى فراغ حلقي في الغلاف الخارجي للطوربين ثم يمر الماء من خلال ممرات مكونة في الغلاف الثابت بواسط ادله مقوسة بشكل معين بحيث ان الماء يصوب الى ريش العجله في اتجاه المركز وهذه الريش مقوسه بشكل خاص ايضاً بحيث ان الماء الداخل لايصطدم بالريش والماء المنصرف يفقد سرعته تقريبا . وينصرف الماء من الحيز المركزي للطوربين . وفي هذه الحالة تدور العجلة داخل الغلاف كما في شكل ١٢٠ أما اذا كان أتجاه حركة الماء من المركز نحو الخارج فيردالماء الى حامل الادله الداخلى الثابت وينفذ الى ريش العجلة التي تدور خارجه كما في شكل ١٢١ ويندر أستعمال هذا التركيب . وشكل ١٢٢ يبين طوربينا ذا نظام دفعي فيه اتجاه حركة الماء موازيا للمحور وفي هذه الحالة تكون العجلة وحامل الادله الثابت بمحاذاة بعضها ومتساويا الاقطار .

١١٥ ــ **النظام الرجعي للطوربينات المائية** : يلاحظ أن في الانظمه المذكوره في البند السابق يصوب الماء الى ريش العجله بسرعه عظيمه وينفذ منها الماء وقد فقد هذه السرعه تقريبا وبمعنى آخر فقد تحولت الطاقه التحركيه للماء الى طاقه دورانيه للعجله . أما في النظام الرجعي فليس للماء سرعة تذكر عند دخوله الى ريش العجله ولكنه يخرج منها بسرعة عظيمه وتتحرك العجله بتأثير

---

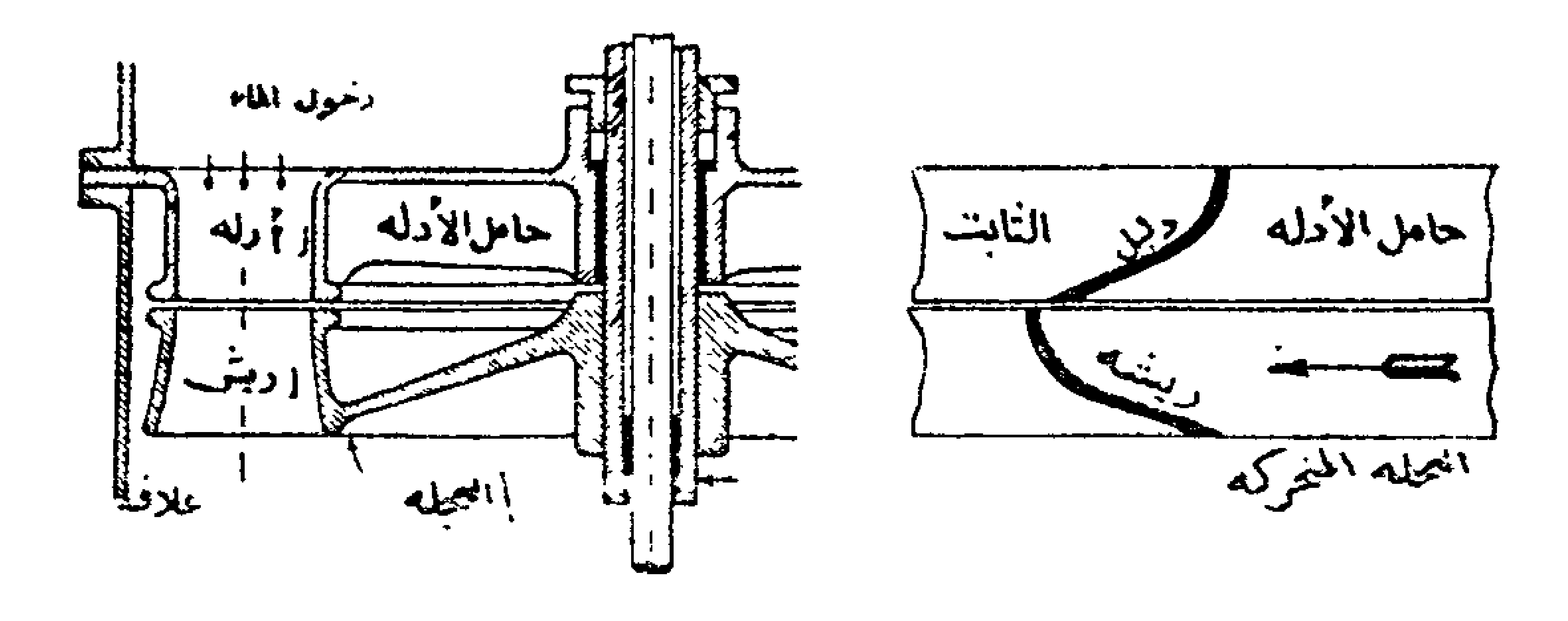
(1) Jonval

رد فعل الماء عند خروجه مِن حافة العجله على هذه السرعه و شكل ١٢٣ يقرب هذا النظام للذهن . تصور حوضا عاليا « أ » أرتفاعه ه محمل على عامود



شكل ١٢٠ ـ طوربين مائي ذو نظام دفعي وأتجاه الماء فيه من الخارج الى الداخل

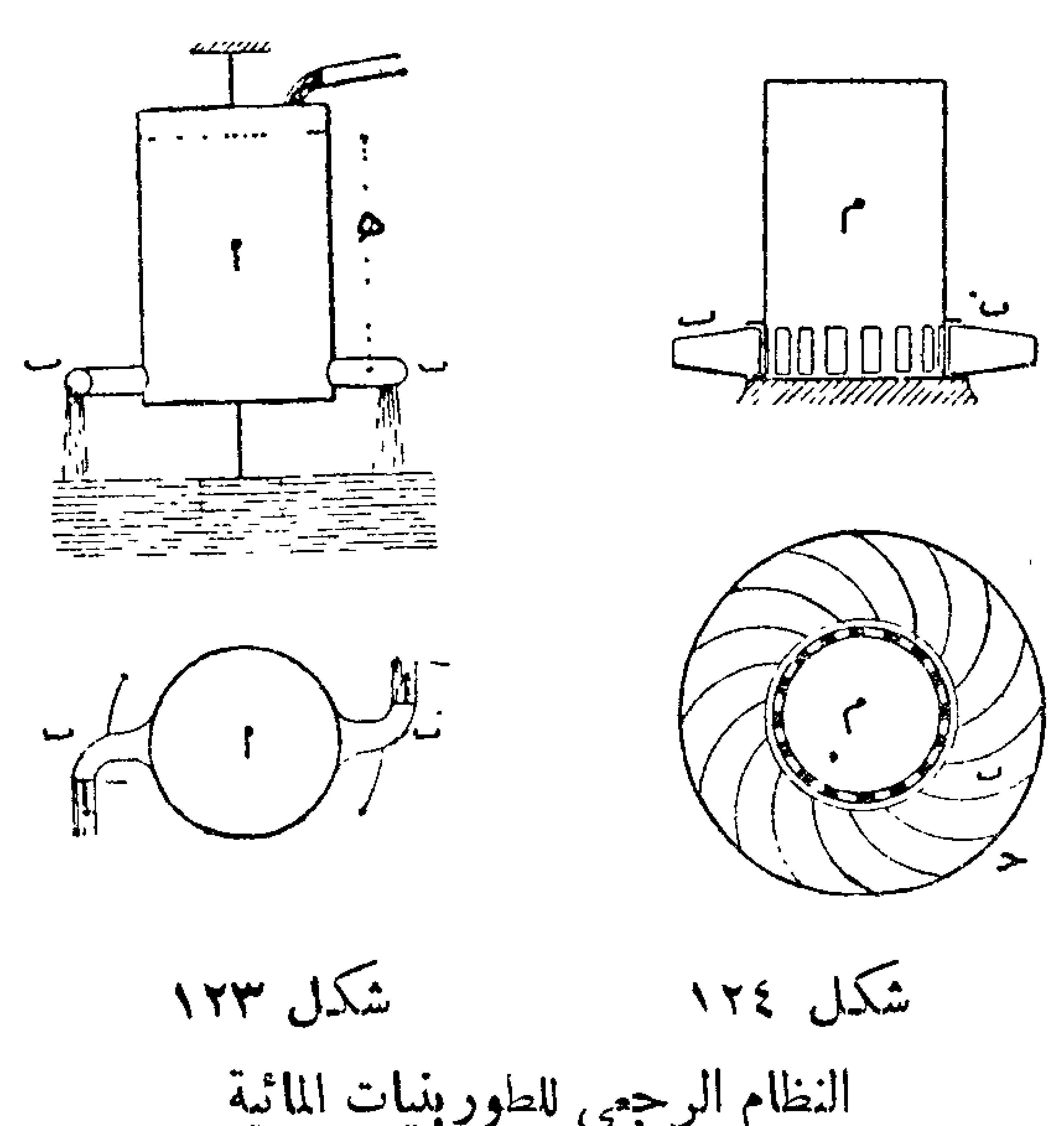
شكل ١٢١ ـ طوربين مائي ذو نظام دفعي واتجاه الماء فيه من الداخل الى الخارج



شكل ١٢٢ ـ طوربين مائي ذو نظام دفعى واتجاه الماء فيه موازيا للمحور

رأسى بحيث يمكنه الدوران بحريه وبأسفل الحوض ماسورتين منحنيتين ـ ينفذ منهما المـاء الذي يرد للحوض بأستمرار فأذا كان سطح المـاء في الحوض على

منسوب ثابت فأن السرعه التى ينفذ بها الماء من أسفل الحوض تقدر من المعادلة ع = $\sqrt{}$ ٢ حـ هـ ورد فعل هذه السرعه يحرك الحوض في أتجاه مضاد لاتجاه نفاذ الماء. وهذه هى نظرية الطوربين الرجعي حيث يستعاض عن الحوض المتحرك بالماسوره الرأسيه الثابته « م » (شكل ١٢٤) ويستعاض عن الفوهات المنحنيه في (شكل ١٢٣) بممرات مقوسه « ب » مكونه في عجله « حـ » (شكل ١٢٤) تدور بحريه حول الماسوره الرأسيه وينفذ الماء الى هذه الممرات من خلال فتحات مقابله لها في الماسوره الرأسيه . غير أن في الطوربين الحقيقي

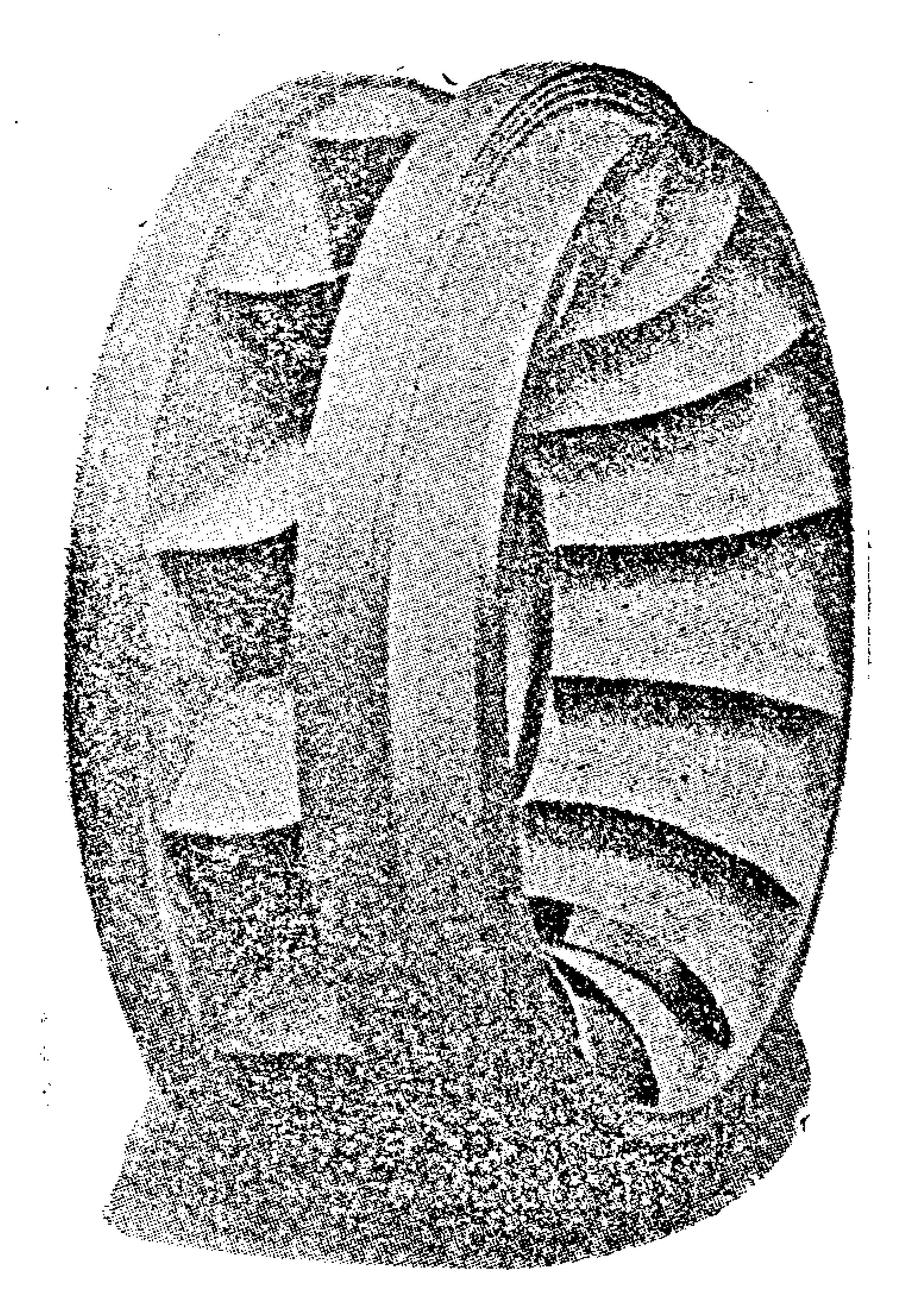


شكل ١٢٤ شكل ١٢٣

النظام الرجعى للطوربنيات المائية

تتخذ هذه الفتحات شكلا منحنيا حتى لايصطدم الماء بريش العجله . يتضح من ذلك أن طاقة الماء عند دخوله الى ريش العجله طاقه ضغطيه مترتبه على ارتفاع الماء عن منسوب العجله وتتحول هذه الطاقة الضغطيه الى طاقه تحركيه للعجله .

وكما أنه توجد أشكال مختلفة للطوربينات الدنعيه تختلف بأختلاف أتجاه حركة الماء فيها فكذلك في الطوربينات الرجعيه والاشكال من ١٢٠ الى ١٢٢ يمكن أن تمثل طوربينات رجعيه غير أن أشكال الريش والادله تختلف في الحالتين أختلافا بينا .



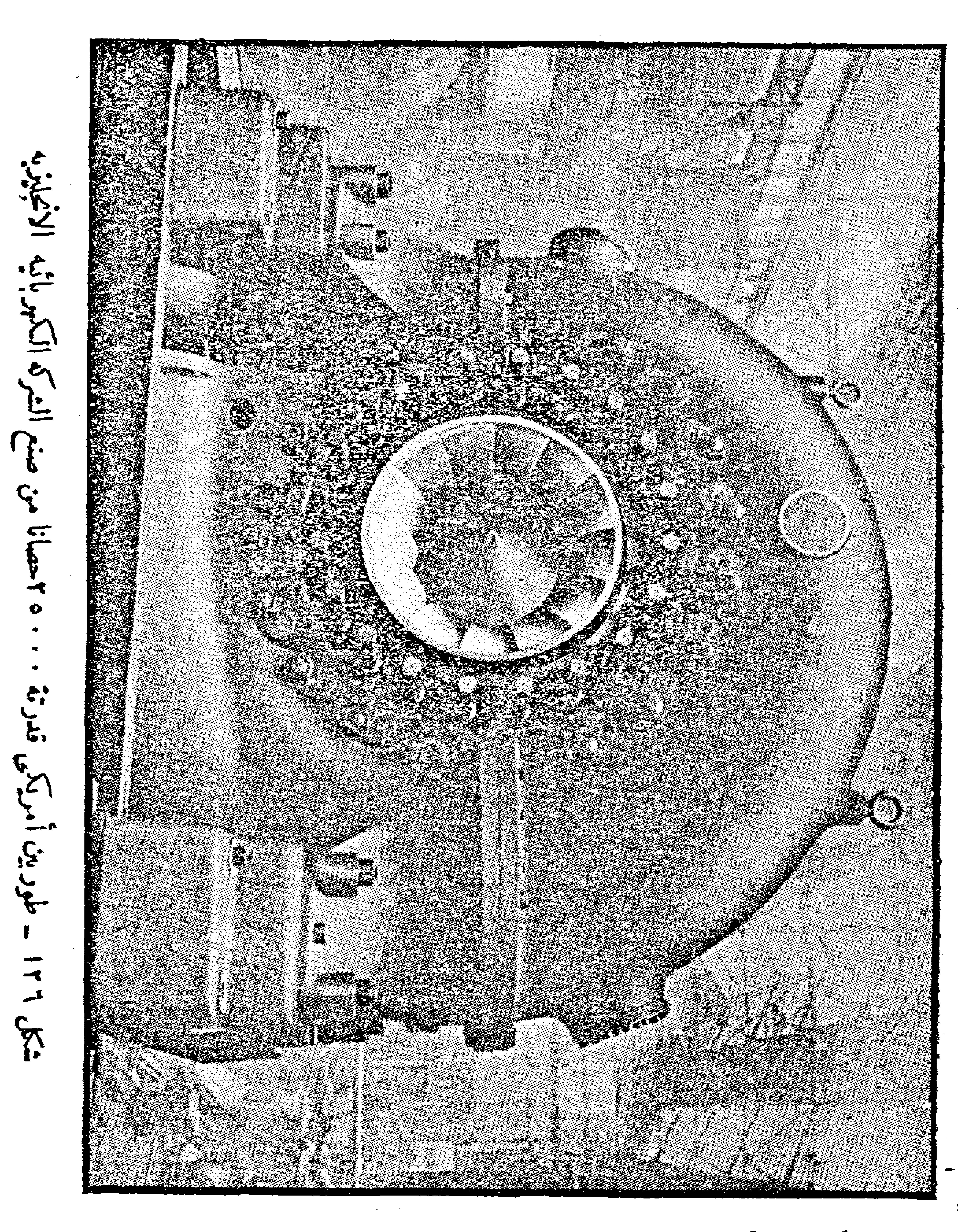
شكل ١٢٥
عجلة طوربين أمريكي قدرته ٢٥٠٠٠ حصانا

و(شكل ١٢٦) يبين طوربينا مائيا يشتمل على النظام الرجعي أثناء تركيبه في مصنع الشركة الكهربائيه الانجليزيه وقدرته ٢٥٠٠٠ حصانا . وينفذ الماء الى ريش عجلة الطوربين المبينه (بشكل ١٢٥) من الحيز الحلقي بين الغلاف الخارجي والعجله في أتجاه نصف قطري ثم يتحول بعد قليل الى أتجاه محوري مماس لمحيط العجله .

الطوربين البخاري

١١٦ — **نظرية الطوربين البخاري** — سبق الاشارة في الفصل الخاص بمنابع الطاقة أنه يمكن تسخير الرياح لتوليد القدرة بأستعمال ما يسمى طواحين الهواء وكيف أن مراوحها تدور بتأثير اندفاع الهواء على سطوح هذه المراوح وقد أتضح في سياق الكلام أن القدرة المولده تتوقف على سرعة الرياح لذلك كانت هذه القدرة متغيرة من حين لآخر تبعا لأهواء الطبيعة وليس للانسان أي تحكم فيها أو ساطة عليها ولكنه يمكنه السيطرة على الرياح الصناعية الناتجة من انتشار البخار الممكن توليده في المراجل. فالآله التي يحركها «الريح البخاري» هذا تسمى طوربينا بخاريا وتتكون في بداية أمرها من عجلة مركب على أطارها ريش مقوسة يسلط عليها في أتجاه معين تيار البخار المندفع من فوهة بوق خاص

الذي تنحصر وظيفته في تحويل الطاقة الضغطية للبخار الوارد له من المرجل الى طاقة تحركية بأقل فقد ممكن . أذن فالطوربين البخاري في جوهره ينحصر في عمليتين أولها تحويل ضغط البخار الى سرعة وثانيهما أستعمال سرعة البخار في

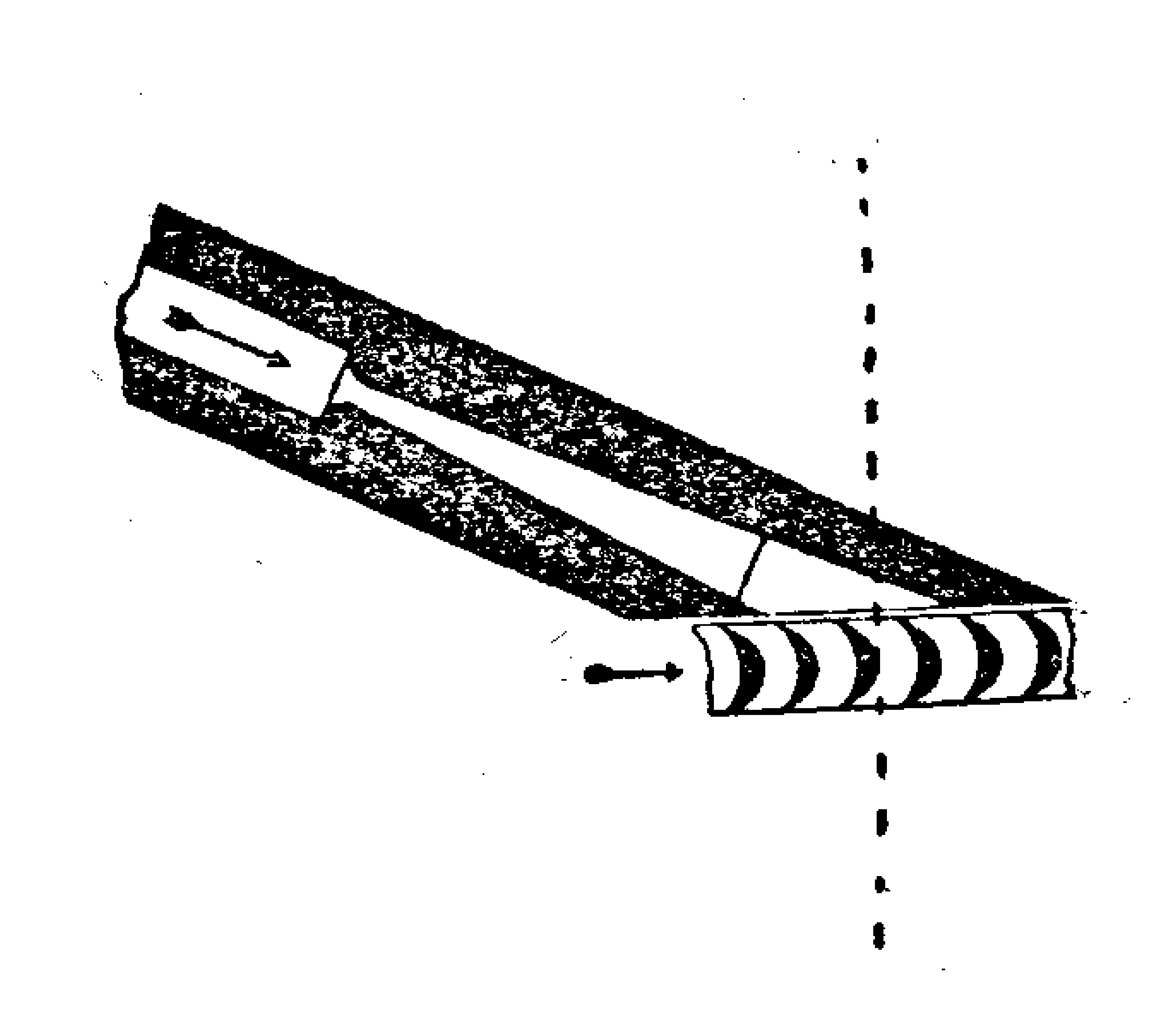


شكل ١٢٦ - طوربين أمريكي قدرته ٢٥٠٠٠ حصانا من صنع الشركة الكهربائية الانجليزيه

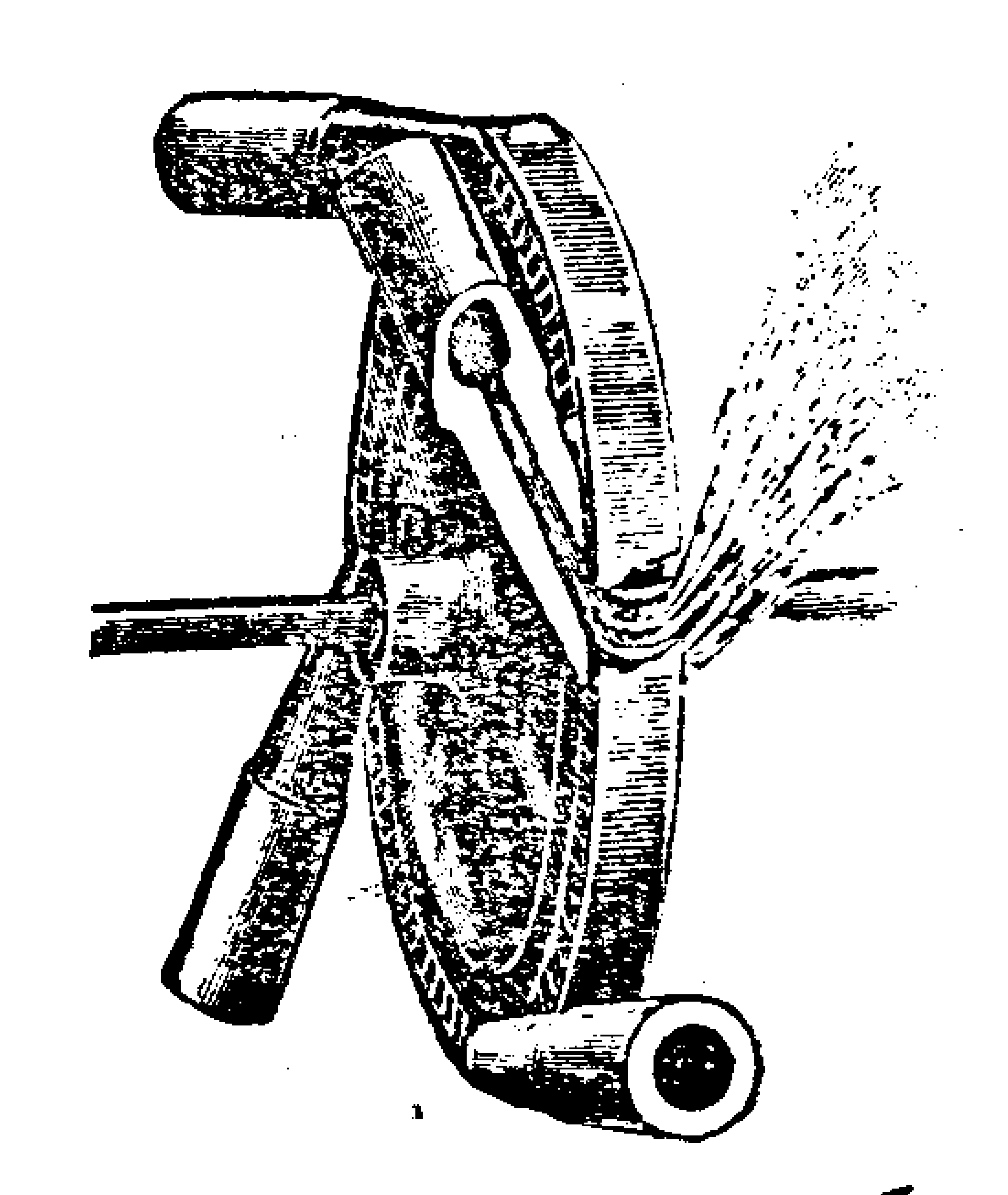
توليد حركة ميكانيكيه نافعه . وهذه هي نفس النظريه التي يشتغل عليها الطوربين المائي ولكن وجه الشبه لايتعدى النظريه العامه أذ يختلف الطوربين البخاري عن الطوربين المائي بأختلاف طبيعة البخار عن طبيعة الماء فذرات الاخير متماسكه

أي أن حجمه النوعي لا يختلف باختلاف الضغط بينما البخار ينتشر كلما خف ضغطه كما أن للبخار طاقه حراريه يجب الاحتفاظ بها في عملية تحويل الضغط الى سرعه وليست هذه الخاصيه موجودة في الماء . يتضح من ذلك أن الابواق التى تستعمل في تحويل ضغط البخار الى سرعه يجب أن تكون جدرانها الداخليه مقوسه بشكل معين تسمح بانتشار البخار من ضغط المرجل الى الضغط الجوي أو ضغط المكثف بدون أن يفقد طاقته الحراريه.

١١٧ — طوربين «دي لافال»[١] — هو أول الطوربينات البخاريه التى استعملت بنجاح ويتكون من عجله مركب على اطارها ريش كثيره بشكل حرف U تقريبا (شكلي ١٢٧ و ١٢٨) تنفذ اليها تيارات البخار بسرعة هائله من عدة أبواق ثابته موضوعه على ابعاد متساويه من بعضها. وشكل ١٢٧ يبين قطاعا



شكل ١٢٨ — قطاع في احـد الابواق وجزء من العجله



شكل ١٢٧ — طوربين دي لافال البخاري

تفصيليا لاحد الابواق ووضعه بالنسبه للريش المتحركه ويلاحظ أن المساحه المحصوره بين الريش وبعضها ثابته أي أنه متى نفذ البخار من البوق فأنه يسير بسرعة منتظمه داخل الحيز المحصور بين الريش ويخرج من بينها وقد فقد الجزء الاكبر من هذه السرعه بتحريكه للعجله في اتجاه السهم الافقي . ويمكن

(1) De Laval

الاستدلال أنه للحصول على أكبر جوده للطوربين الذي من هذا الطراز يجب أن تكون السرعة الخطيه لحافة العجله مساويه لنصف سرعة البخار عند نفاذه من البوق . وفي طوربين دي لافال تدور العجله بسرعة هائله تبلغ فى بعض الاحيان ٣٠٠٠٠ لفه في الدقيقيه . وبديهى أن هذه السرع الهائله لا يمكن الانتفاع بها مباشرة بل يجب تخفيضها بواسطة تعاشيق مسننه الى مايقرب من عشر هذه القيمه فضلا عن أن هذه السرع تعرض الاجزاء المتحركه الى العطب مع ما يتبع ذلك من أخطار للمتاع والحياة . ولهذا السبب تفضل أنواع الطوربينات التي تقسم فيها طاقة البخار التحركيه الى عدة مراحل تستهلك كل مرحلة منها في ادارة عجلة مستقلة .

١١٨ — الطوربين السرعي المتعدد المراحل — طوربين كيرتس [1] .

ففي تجزئة السرعه الى عدة مراحل تحول الطاقه الضغطيه للبخار الى طاقه تحركيه دفعة واحده في ابواق مناسبه (أ) شكل ١٢٩ وينفذ البخار منها الى ريش العجلة الاولى (ب) حيث تستهلك جزء من سرعة البخار في أدارتها وينفذ البخار من الريش الاولى بسرعة أقل من سرعة نفاذه من الابواق وفي اتجاه معاكس تقريبا لاتجاه دخوله ويحول هذا الاتجاه الى الاتجاه الاصلى بواسطة ممرات

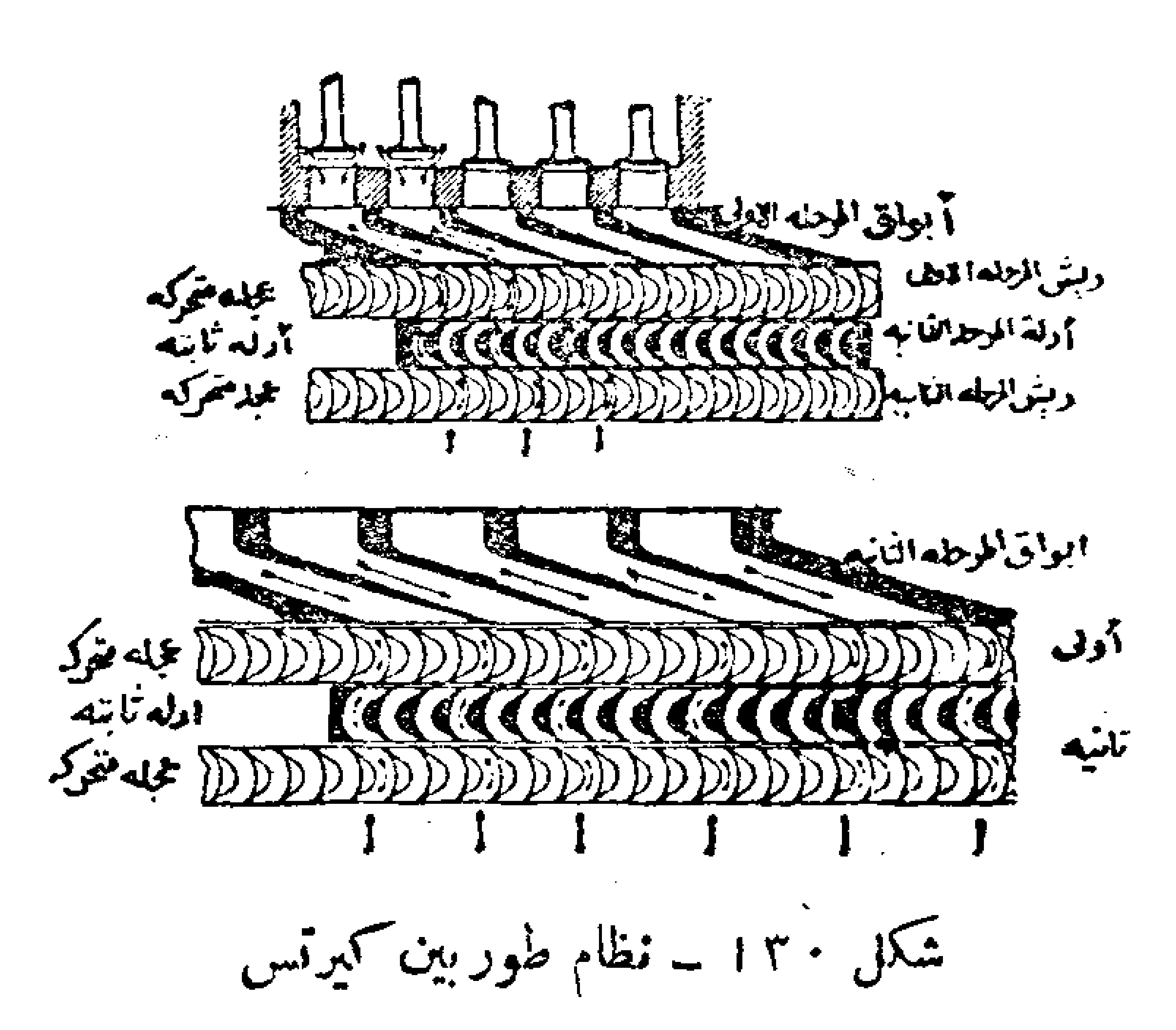
شكل ١٢٩ — نظام الطوربين السرعي المتعدد المراحل

مكونه بريش ثابتة في غلاف الطوربين (حـ) ولذلك فهو لا يفقد شيئاً من سرعته ويسلط على ريش في عجلة ثانيه (د) مماثله من جميع الوجوه للعجلة (ب) فيحركها

(1) Curtis

ويفقد جزءا آخرا من سرعته ومنها الى ريش ثابته (هـ) ثم الى ريش متحركة (و) وهلم جرا الى أن تستهلك سرعة البخار بأكملها. وجميع العجلات المتحركة مثبته في عامود واحد فهي تدور بسرعة متحده تساوي نصف سرعة نفاذ البخار من الابواق مقسومة على عدد المراحل . فأذا كان عدد المراحل عشرة مثلا وكانت سرعة الدوران التى تتطلبها سرعة البخار ٣٠٠٠٠ لفة في الدقيقة فأن عامودالطوربين يدور بسرعة ٣٠٠٠ لفة وهي سرعة معقوله يمكن الانتفاع بها

وفي طوربين « كيرتس » لا تجزأ سرعة البخار فقط بل أيضا يقسم الضغط الى عدة مراحل بمعنى أنه بدلا من أن تحول الطاقة الضغطية للبخار بأكملها الى طاقة سرعيه طفرة واحدة تقسم الطاقة الضغطية الى عدة مراحل . وفي شكل ١٣٠ رسما تخطيطيا لنظام طوربين كيرتس ذو مرحلتين ضغطيتين ففي المرحلة الاولى يحول جزء من طاقة البخار الضغطية بتمدده من ضغط المرجل الى ضغط متوسط وتستعمل سرعة البخار الناتجة في عدة مراحل سرعية. ثم يلي ذلك المرحلة الثانية حيث يتمدد البخار من الضغط المتوسط هذا الى ضغط المكثف.

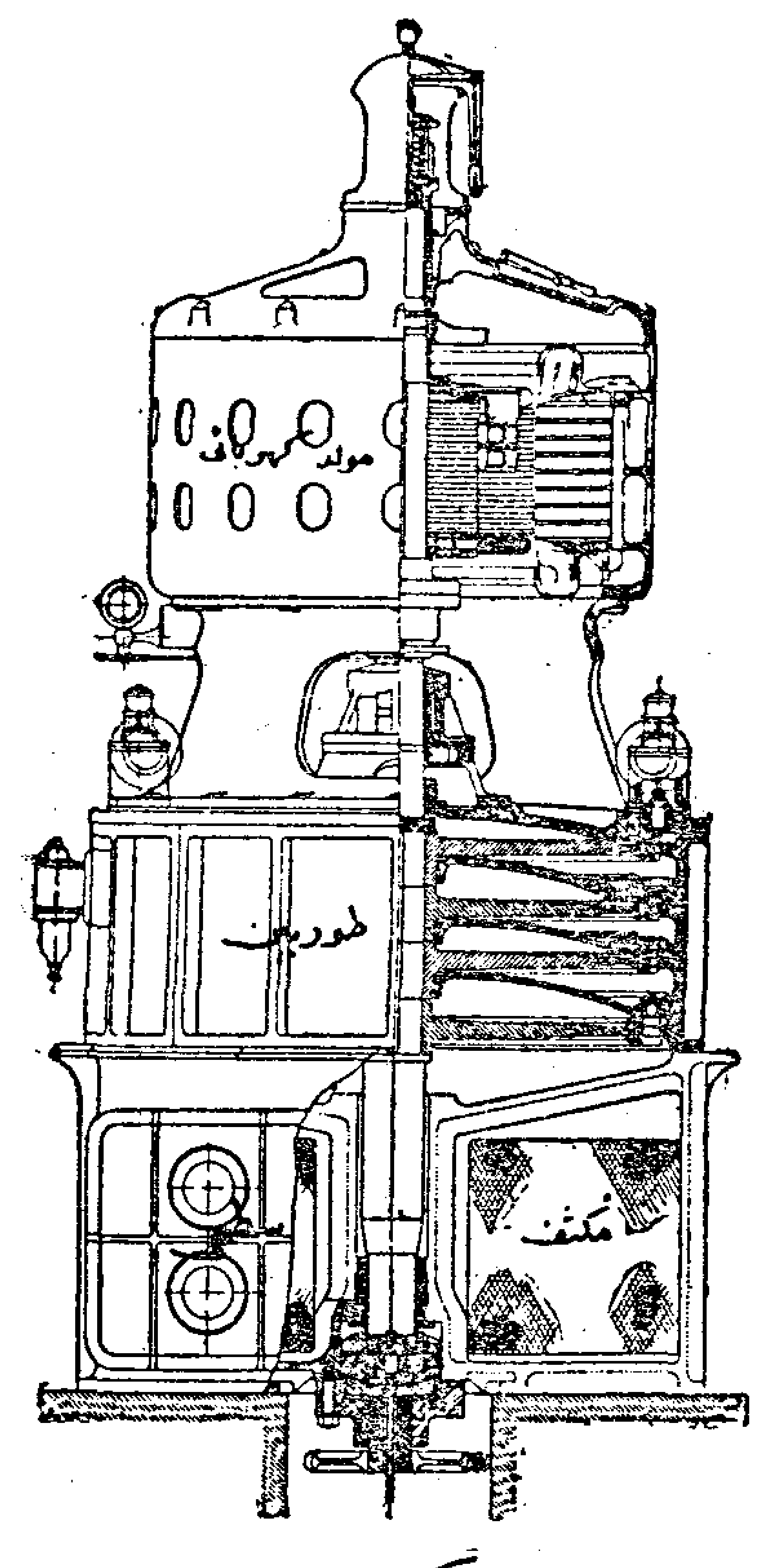


شكل ١٣٠ ـ نظام طوربين كيرتس

وتستعمل السرعة الناتجة في عدة مراحل سرعية أخري . ويوجد طراز من طوربين كيرتس يقسم فيه الضغط الى مراحل كثيرة لكل منها مرحلتين سرعيتين فقط وهذا الطراز هو أكثر الطوربينات شيوعا في امريكا. وشكل ١٣١ يبين طوربينا رأسيا من هذا النوع أى أن عامود أدارته رأسي بينما تدور عجلاته في مستو أفقي وبهذا الترتيب يشغل الطوربين حيزا صغيرا ويرى في الشكل أن

المولد الكربائي مركب في رأس الطوربين بينما يرتكز الاخير على المكثف السطحي الذي يستعمل دائما مع الطوربينات البخاريه بكافة أنواعها .

١١٩ — **النظام الرجعي أو الضغطي للطوربينات البخارية** — قد سبق شرح النظام الرجعي للطوربينات المائية (بند ١١٥ صفحة ١٤٢) ففي الطوربينات البخارية لايختلف هذ النظام نظريا عنه في الطوربينات المائيه غير أن الحيز المحصور بين الريش في العجلة المتحركة تتغير مساحة قطاعه من نقطة الى أخرى بنفس النظام المتبع في الابواق الثابته وبذلك ينفذ البخار من بين الريش المتحركة بسرعة أعظم من سرعة دخوله أليها فترتد العجلة وتنشأ الحركة الدورانيه ويمكن دائما تمييز الريش المستعمله في الطوربينات الرجعية من مثيلاتها في الطوربينات الدفعية بأن البعد العمودي للفراغ المتكون بين الاولى يتناقص من الدخول الى الخروج بينما يكون هذا البعد في الثانيه ثابتا أذ أن وظيفة الاولى تحويل ضغط البخار الى سرعة بينما وظيفة الثانيه تحويل أتجاه البخار فقط والطوربينات الرجعية أو الضغطية تنسب الى السير تشارلز بارسونز * ليس لانه اخترع هذا النظام ولكن لما أدخل عليه من تحسين مما أدي لنجاحه وحسن سيره كما هو مشاهد الآن .



شكل ١٣١
قطاع نصفي في طوربين كيرتس
مع المولد الكهربائي والمكثف السطحي

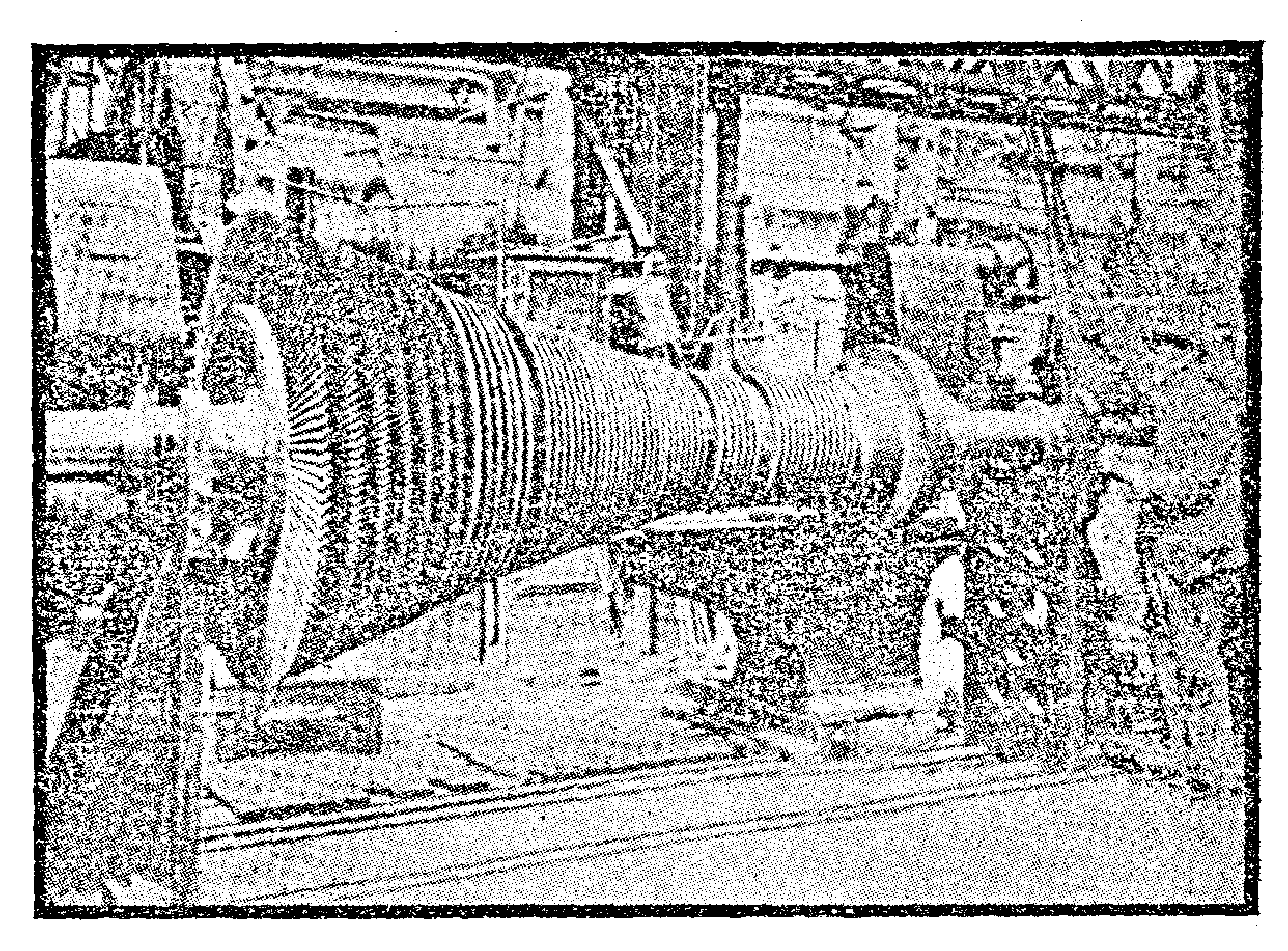
* Sir Charles Parsons

١٢٠ ـ **طوربين بارسونز** ـ يشتمل هذا الطراز من الطوربينات البخاريه على النظامين السرعى والضغطي معا أذ توجد مجموعة من الريش الثابتة تحول جزءا من الطاقة الضغطية للبخار الى طاقة سرعية ويسلط البخار النافذ من بين الريش الثابتة على الريش المتحركة فتدور العجلة الحاملة لها من قوة اندفاع البخار وفي مسير البخار من خلال الريش المتحركة يتحول جزء من طاقته الضغطيه الى سرعية فيخرج البخار من خلالها بسرعة اعظم من سرعة دخوله فيزداد سرعة دوران العجله من جراء رد الفعل المترتب على سرعة خروج البخار من خلال ريشها ويحتوى طوربين بارسونز على ازواج كثيرة من الادلة الثابتة والريش المتحركة (شكل ١٣٢) وتركب الادلة الثابتة على المحيط الداخلي للغلاف بينما تربط الريش المتحركة في طارات مثبتة في عامود ادارة واحد بحيث تتخلل مجموعات الريش المتحركة بين الادلة الثابتة كما يتضح من شكلي ١٣٣ و ١٣٤ وحيث ان حجم البخار في أزدياد مستمر اثناء تمدده من مرحلة لاخرى فلكي يتسع الفراغ الذى بين الادلة وبين الريش لمرور هذا الحجم المتزايد تصنع الريش والادله بحيث يزداد طولها من مرحلة لاخرى بينما يحفظ البعد بين كل منها وجارها ثابتا . وفي شكل ١٣٥ يظهر الطول الذى تصل اليه الريش عند المراحل النهائية في الطوربين أي قبيل انصراف البخار الى المكثف .

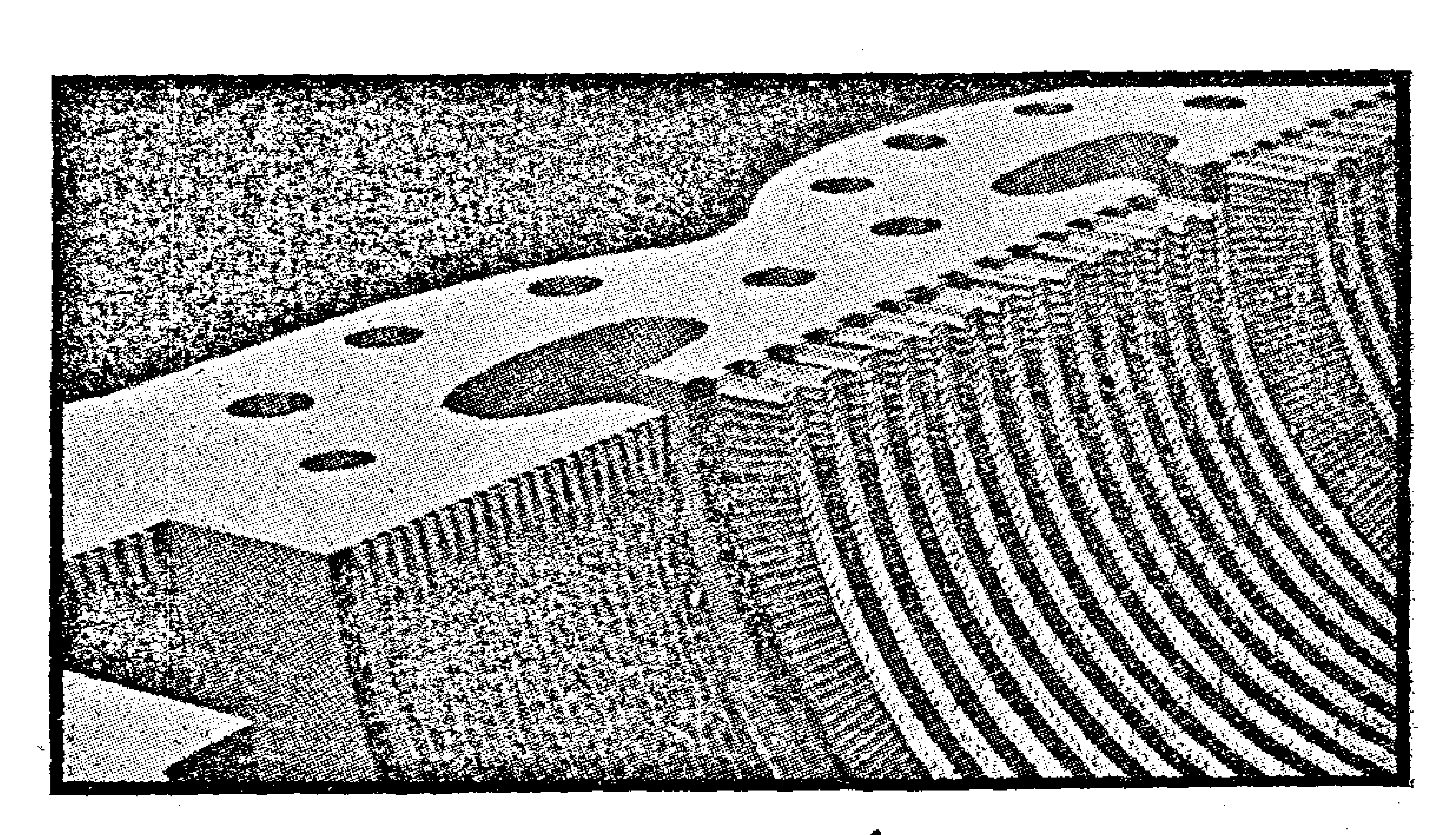
دخول البخار
أدله ثابته
ريش متحركه
اتجاه الحركه
أدله ثابته
ريش متحركه
اتجاه الحركه

شكل ١٣٢ – نظام طوربين بارسونز

وأحيانا يقسم الطوربين الى وحدتين او ثلاث او اربع بحيث ان البخار بعد ان يتمدد في الوحدة الاولى ينصرف الى الثانية ثم الى الثالثة ثم الى الرابعة وتسمى الوحدة الاولى أسطوانة الضغط العالى والثانية والثالثة اسطوانتي الضغط المتوسط والاخيره اسطوانة الضغط المنخفض كما في المحركات الترددية المتعددة التمدد. ويركب كل اثنتين من هذه الوحدات مقابل بعضهما لكى يتوازن الضغط

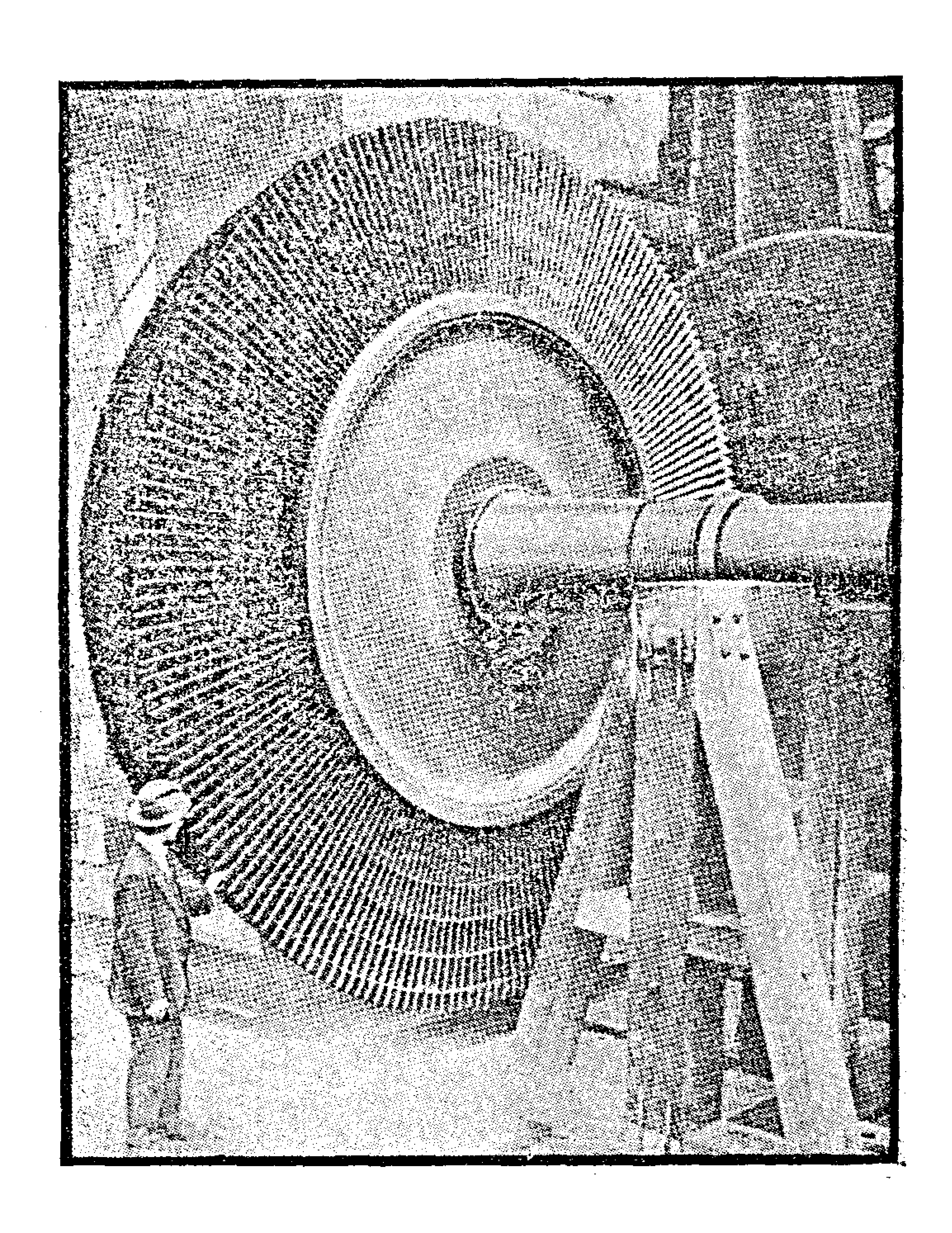


شكل ١٣٣ ـ عامود أدارة طوربين بخاري من طراز بارسونز قدرته ٥٠٠٠ كيلوات . وقد ظهرت فيه الريش المتحركة. ويتضح تدرج طول الريش وعددها من ناحية الضغط العالي بالجهة اليمنى الى الضغط المنخفض بالجهة اليسرى من الشكل.



شكل ١٣٤ ـ منظر داخلي لأحدى نواح غلاف الطوربين السابق الذكر. وقد ظهر الى اليمين الأدلة الثابتة والى اليسار تظهر قواطيع خاصة لمنع رشح البخار

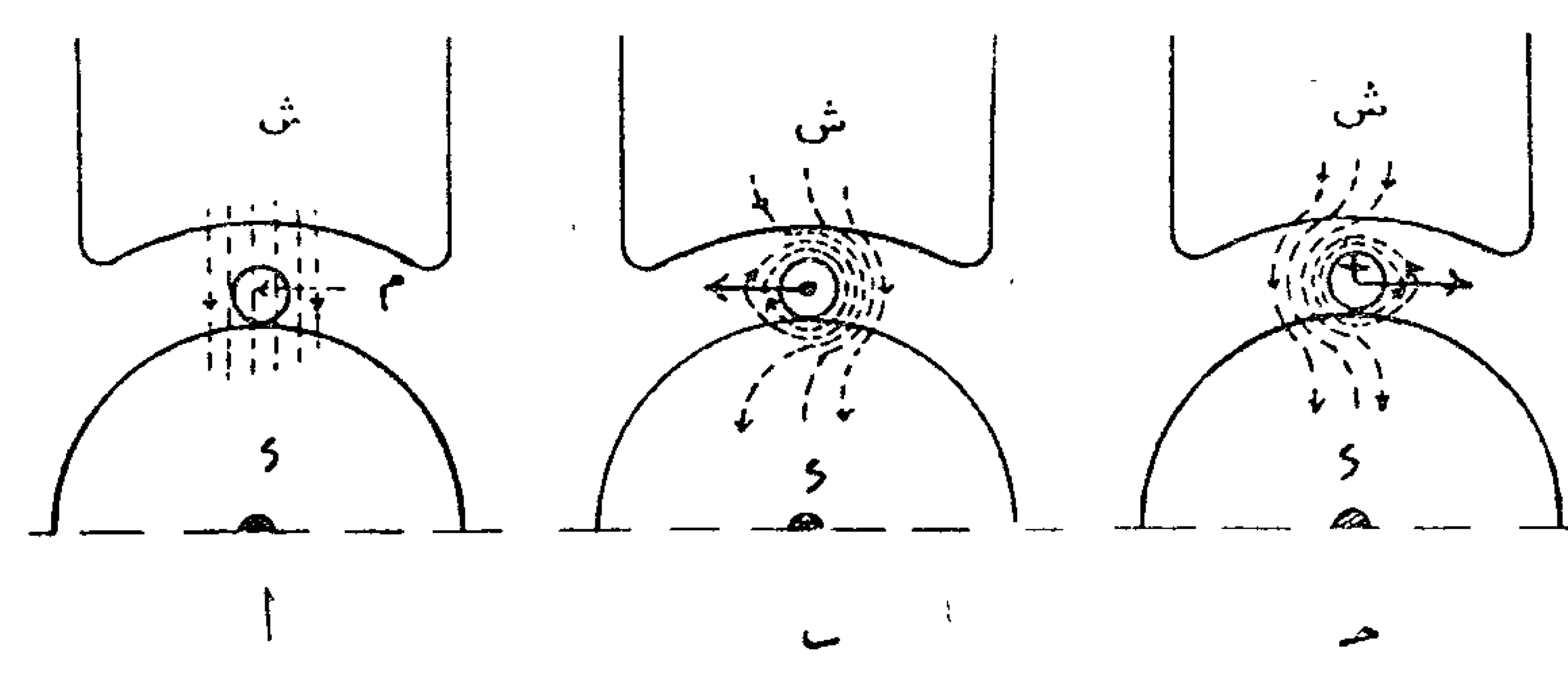
المحوري في المجموعة ولا تكون هناك ضرورة لاستعمال جلب الزنق أو أي تركيب آخر لموازنة الضغط المحوري المترتب على تأثير البخار أثناء مروره في الريش المتحركة .



شكل ١٣٥ ـ عجلة اسطوانة الضغط المنخفض لطوربين بارسونز قدرته ٥٠٠٠ كيلوات وتظهر فيها ضخامة الريش في المراحل النهائية .

المحركات الـكهربائية

١٢١ ـ **نظرية المحرك الكهربائي** ـ ان اساس تركيب المحرك الكهربائي هو المبدأ الذي ينص على أنه أذا سال تيار كهربائي في موصل يعترض مجالا مغنطيسيا بحيث يكون اتجاه الموصل متعامدا على اتجاه الخيوط المغنطيسية فان الموصل يتأثر بقوة تميل الى تحريكه في اتجاه متعامد على كل من اتجاه الخيوط واتجاه الموصل نفسه ففي شكل ١٣٦ وضع موصل م على محيط اسطوانة من الحديد المطاوع ى محمولة على حاملين عند طرفيها . ويحتضن الاسطوانة في جهتين متقابلتين من محيطها قطبا مغنطيسيا يرى أحدهما في الشكل عند س فأذا لم يحمل الموصل تيارا



شكل ١٣٦ ـ نظرية المحرك الـكهربائي

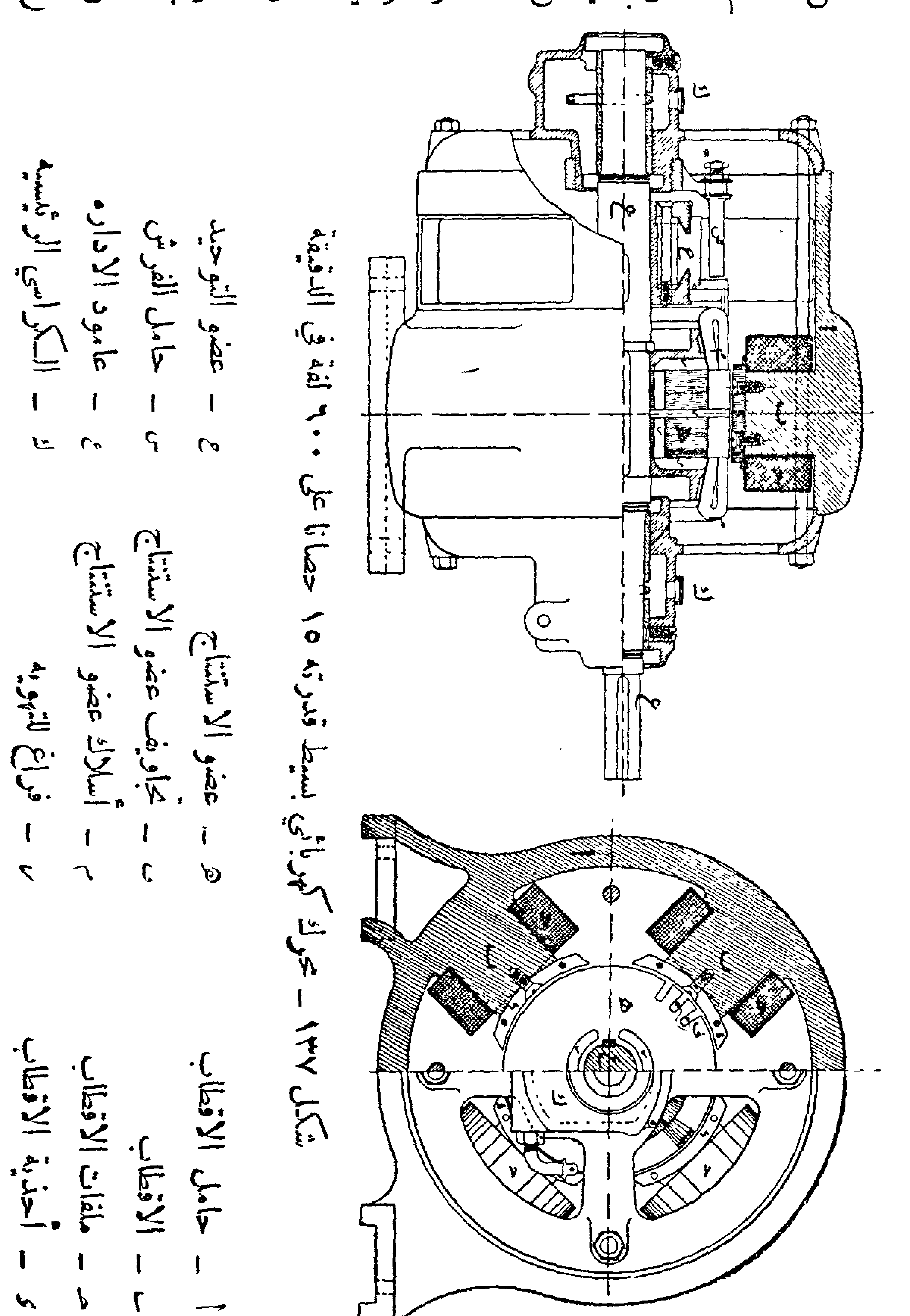
تدفقت الخيوط من القطب الشمالى الى الجنوبى مخترقة الفجوة الهوائية والاسطوانة الحديديه ى كما في ا وعندما يسيل تيار في الموصل وجهته نحو القاريء (ويرمز لهذه الوجهه بنقطه وأما أذا كان التيار موليا من القارىء فيرمز لهذه الوجهه بصليب أو بعلامه X كما هو معروف) تتولد خيوط مغنطيسية او بالحرى مواسير مغنطيسية تدور حول الموصل في اتجاه عقرب الساعة كما في ب . وحيث ان اتجاه المواسير المغنطيسية على يمين الموصل مماثلة لاتجاه الخيوط المغنطيسية من س فتتحول أغلب

الاخيرة الى يمين الموصل وبمعنى آخر تصبح الخيوط المغنطيسية المجال المغنطيسي ملتوية حول الموصل . فاذا تصور القارىء ان هذه الخيوط اثناء اختراقها للفجوة الهوائية من المطاط المرن الذى لايستقر على حالة ملتوية اتضح له كيف تؤثر على الموصل بقوة متعامدة عليه بحيث تميل الى دفعه الى اليسار حتى تعود الخيوط التي استقامتها . فأذا كان الموصل مثبتا في الاسطوانة لكانت نتيجة هذه القوة التماسية على الموصل ادارة الاسطوانة في حامليها . واذا انعكس اتجاه التيار في الموصل كما في حـ فظاهر ان القوة الدافعة له ينعكس اتجاهها أيضا . وبالمثل اذا انعكس اتجاه تدفق الخيوط المغنطيسة وظل اتجاه التيار كما كان فأن القوة الدافعة تنعكس ولكن اذا انعكس اتجاه التيار واتجاه تدفق الخيوط المغنطيسية فذلك لايؤثر في اتجاه القوة الدافعة .

يتضح من ذلك أنه اذا تعددت الاقطاب المغنطيسية وتعددت الموصلات على محيط الاسطوانة فلكى تكون جميع القوى المسلطة على الموصلات في اتجاه يعمل على ادارة الاسطوانة في اتجاه معين يجب ان تحفظ العلاقة بين اتجاهي التيار والخيوط المغنطيسية .

١٢٢ ـ *تركيب المحرك الكهربائي* ـ يتكون المحرك الكهربائي في ابسط أشكاله من غلاف اسطوانى من الزهر ا (شكل ١٣٧) مثبت به زوج أو أكثر من الاقطاب المغنطيسية ب . وتصنع هذه الاقطاب من صفائح الحديد المطاوع يلف عليها طيات عديدة حـ من سلك النحاس الاحمر المعزول وتتصل جميع هذه الملفات ببعضها لتكون دائرة كهربائية تستمد تيارها من المنبع الكهربائي العام بحيث تكون الاقطاب المغنطيسية الناتجة شمال وجنوب على التعاقب . ويركب في كل من هذه الاقطاب قطعة من الحديد المطاوع تسمى حذاء القطب ى بحيث ان جميع هذه الاحذيه تحتضن الاسطوانة المتحركه ﻫ وتصنع هذه الاسطوانة من أقراص رفيعة من الحديد المطاوع أيضا بها فجوات عديدة ں مقطوعة في محيطها بموازاة محورها تركب فيها أسلاك الاستنتاج م وهذه الاسطوانه بما في فجواتها من أسلاك

تسمى «عضو الاستنتاج» وتتصل هذه الاسلاك ببعضها من الخلف بطريقة خاصه أما من الامام فتتصل بما يسمى «عضو التوحيد» ع وهوعباره عن قطع



شكل ١٣٧ ـ محرك كهربائي بسيط قدرته ١٥ حصانا على ٦٠٠ لفة في الدقيقة

ا ـ حامل الاقطاب
ب ـ الاقطاب
حـ ـ ملفات الاقطاب
د ـ أحذية الاقطاب
هـ ـ عضو الاستنتاج
و ـ تجاويف عضو الاستنتاج
م ـ أسلاك عضو الاستنتاج
ر ـ فراغ للتهويه
ع ـ عضو التوحيد
س ـ حامل الفرش
ع ـ عامود الاداره
ك ـ الكراسي الرئيسيه

من النحاس الاحمر مرصوفه بجوار بعضها دائريا ولكنها معزولة عن بعضها كهربائيا بواسطة صفائح رقيقة من الميقا . وطبيعي أن يكون عضو التوحيد مثبتاً

في عضو الاستنتاج وكلاهما مثبت على عاموود أدارة ع محمول على حاملين ك وتستمد. أسلاك عضو الاستنتاج تيارها الكهربائي بواسطة زوج أو أكثر من فرش من الكربون مثبتة في المسمار س بحيث تمس عضو التوحيد وتوصل هذه الفرش بالمنبع العام للتيار .

ولادارة المحرك يسمح بمرور التيار الكهربائي الى اقطابه وأسلاك عضو الاستنتاج تدريجيا ولهذا الغرض تعترض الدورة الكهربائيه علاوة على قاطع التيار المعتاد وأجهزة الوقايه ما يسمي «مقوم» وهو عبارة عن مقاومة كهربائية مجزأة يتحرك عليها ذراع بحيث أن هذه الاجزاء تحذف تدريجيا من الدوره حتى نهايتها .

١٢٣ ـ *أنواع المحركات الكهربائيه* . تقسم المحركات من حيث التيار المستعمل في أدارتها الى نوعين (أ) محركات التيار المستمر ، (ب) محركات التيار المتردد. ومحركات التيار المستمر على ثلاثة أنواع تختلف بأختلاف نظام أتصال التيار الوارد للاقطاب بالنسبه للتيار الوارد لعضو الاستنتاج :—

أ ـ المحركات التوازيه وفيها يكون أتصال دورتي الاقطاب وعضو الاستنتاج بالمنبع على التوازى

ب ـ المحركات التواليه وفيها يكون الاتصال على التوالى

حـ ـ المحركات المركبه حيث يكون الاتصال خليطا من التوازي والتوالى

ومحركات التيار المتردد على نوعين بحسب عدد أوجه التيار المتردد الذي يغذيها :

أ ـ المحركات ذات الوجه الواحد ويرد اليها تيار ذو وجه واحد

ب ـ المحركات المتعددة الاوجه ويغذيها تيار ذو ثلاثة أوجه عادة

ومن حيث نظام أتصال ملفات الاقطاب وعضو الاستنتاج تنقسم المحركات الترددية الى ثلاثة أقسام : —

أ ـ المحركات التوافقيه وهذه لاندور الا بسرعة معينه تعين بمعدل تردد التيار الوارد.

ب ـ المحركات التأثيرية ويجب أن يكون التيار الذي يغذيها متعدد الاوجه

حـ ـ المحركات ذات أعضاء التوحيد وهي تشبه محركات التيار المستمر في تركيبها، ولا يتسع المقام هنا للتطويل في شرح هذه المحركات ولا لايراد الانواع الاخرى للمحركات الكهربائيه .

الفصل التاسع

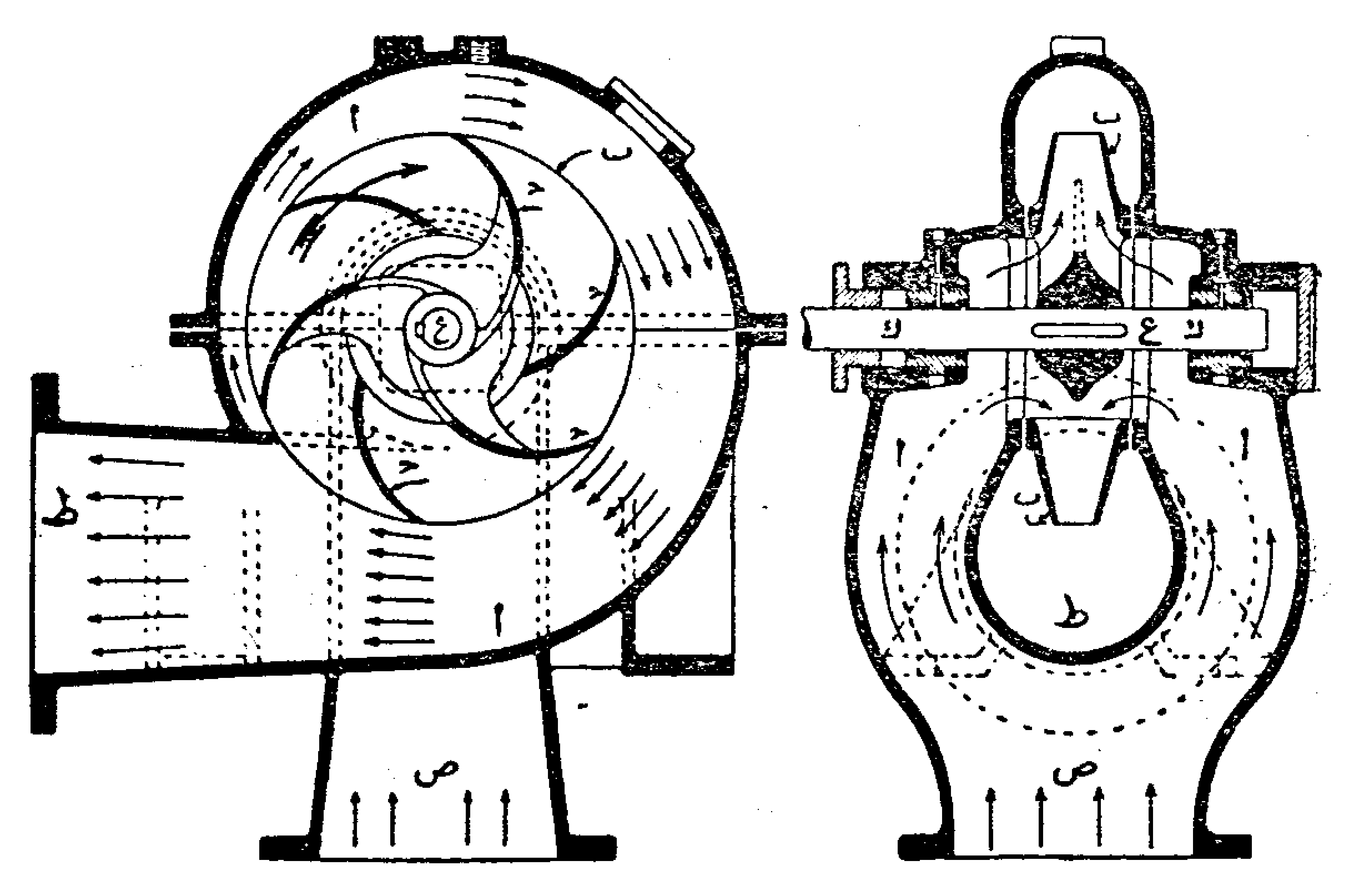
آلات متنوعة

١٢٤ ـ **الطلمبات والضواغط** ـ هى آلات وظيفتها الاساسية تذويد أي مادة أما بطاقة تحركية أوضغطية أو كلاهما معا بأستهلاكها للطاقة الميكانيكية . أذن فالطلمبة معكوسة المحرك أذ بينما تتحول الطاقة الحرارية المدخرة في الوقود الى طاقة ميكانيكية في المحرك يحدث العكس في الطلمبة أذ فيها تتحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة يمكن أدخارها في اي عنصر من العناصر فاذا كانت هذه من النوع الوضعي كما يحدث في رفع الماء من مستو منخفض الى مستو أعلا سميت طلمبة واذا كانت الطاقة من النوع الضغطي سميت ضاغط كما في ضواغط الهواء. والشائع أن تطلق كلمة طلمبة على ما كان منها خاصا بالسوائل وكلمة ضاغط على ما كان منها خاصا بالغازات أو خليط من السوائل والغازات بصرف النظر عن نوع الطاقة المكتسبة .

ويمكن تقسيم الطلمبات والضواغط الى فرعين رئيسيين بحسب نوع حركتها أحدهما دوراني والآخر ترددي. فالنوع الأول هو في الغالب معكوس الطوربين ويسمى طلمبات أو ضواغط مروحية والنوع الثاني معكوس المحرك الترددي ويسمى طلمبات أو ضواغط ترددية ويستعمل النوع الدوراني عندما يكون مدى الرفع أو الضغط صغيرا ومجال استعماله واسع النطاق جداً فتستعمل الطلمبات المروحية في أعمال الري والصرف وفي أغراض شتى في دور توليد القدرة (لأحداث دورة مياه التبريد لمحركات الاحتراق الداخلي وللمكثفات وضواغط الهواء وبالجملة لنقل الماء من جهة لأخرى) ومراوح التهوية ومنافيخ الهواء المستعملة للأكوار وبوادق صب الزهر ومراوح سحب غازات الأحتراق من المراجل ـ

كل هذه أمثلة من النوع الدوراني للطلمبات والضواغط أما النوع الترددي فيستعمل عندما يكون مدى الرفع أو الضغط عظيما مثال ذلك مضخات أطفاء الحريق وطلمبات تغذية المراجل بالماء وطلمبات تغذية المصاعد والمكابس المائية والآلات الكبيرة المستعملة لتجربة المواد وضواغط الهواء وضواغط النشادر وحمض الكربونيك المستعملة للتبريد وصنع الثلج وهلم جرا . ولا يتسع المقام ألا لشرح موجز لأربع أمثلة هى طلمبات الماء المروحية — طلمبات الماء الترددية — ضواغط الهواء — ضواغط النشادر والاجهزة الملحقة بها لاعمال التبريد الصناعي .

١٢٥ — **الطلمبات المروحية** — بسيطة التركيب جداً أذ تتكون من قطعتين أساسيتين (شكل ١٣٨): غلاف ثابت «أ» تدور داخلة مروحة «ب» مقسمة



شكل ١٣٨ — طلمبة مروحيه من صنع شركة ألن بأنجلترا

الى عدة شقق بواسطة الريش «حـ» وتستدعي طبيعة عمل الطلمبة أن يكون الحيز المحصور بين المحيط الخارجى للمروحة والجدار الداخلي للغلاف حلزونيا أي أن مساحة قطاعه العمودي تزداد تدريجياً. ولا بتداء الطلمبة في العمل يجب أن تملأ بالماء أولا فعند أدارة المروحة تعمل القوة المركزية الطاردة على طرد الماء من بين الريش نحو الفراغ الحلزوني في الغلاف حيث يتأثر بدوران الريش ويدور

نحو المخرج أو ماسورة الطرد «ط» والفراغ الناتج من خروج الماء من بين الريش يعمل على سحب كمية أخرى من خلال ماسورة المص «ص» التي تتصل بالطلمبة عند الحيز المركزي وهذه تنطرد الى المخرج ليحل محلها كمية أخرى وهكذا بأستمرار . والغالب ان تكون ماسورة المص أكبر قليلا من ماسورة الطرد ويتعين حجم الطلمبة وكمية تصرفها عند رفع معين من قطر ماسورة الطرد . فمثلا يقال لطلمبة ما أنها ٦ على ٨ او ١٠ على ١٢ بمعنى أن قطر ماسورة الطرد ست بوصات والمص ثمان بوصات أو عشرة بوصات واثنتى عشر بوصة على التناظر . وحيث أنه لرفع معين تتعين سرعة الماء عند خروجه من ماسورة الطرد فيمكن أذن معرفة تصرف أي طلمبة بمعلومية مدى الرفع وقطر ماسورة الطرد . والجدول الآتي يبين كمية التصرف والسرعة التي يجب أدارة الطلمبة بها والقدرة اللازمة لادارتها عند ما يتعين الرفع وقطر ماسورة الطرد بالنسبة للطلمبات التي تصنعها شركة أليس تشالمرز بأنجلترا .

القطر الداخلي لماسورة الطرد بالبوصة		الرفع بالمتر				
		٣	٥	٨	١٠	١٢
٣	القدرة	٠,٧٥	١,٠٠	٢,٢٥	٣	٨
	التصرف	٢٩	٣٥	٤٦	٥٠	٧٠
	السرعة	٦٣٠	٧٧٥	١٠٠٠	١١٠٠	١٥٥٠
٦	القدرة	٣,٠٠	٥,٠٠	١١	١٤	٤٠
	التصرف	١٦٠	١٩٠	٢٥٠	٢٧٠	٣٩٠
	السرعة	٢٧٠	٣٣٠	٤٢٥	٤٧٠	٦٦٠
٨	القدرة	٤,٥	٨,٠٠	١٧	٢٢	٦٢
	التصرف	٢٥٠	٣٠٠	٣٩٠	٤٣٠	٦٠٠
	السرعة	٢٣٠	٢٨٠	٣٦٠	٤٠٠	٥٦٠
١٠	القدرة	٥,٥	٩,٥	٢١	٢٧	٧٧
	التصرف	٣٢٠	٣٨٠	٥١٠	٥٦٠	٧٩٠
	السرعة	٢٠٠	٢٥٠	٣٢٠	٣٥٠	٥٠٠
١٢	القدرة	٧,٥	١٣,٥	٢٨,٥	٣٨	١٠٦
	التصرف	٤٤٠	٥٥٠	٧٠٠	٧٧٠	١٠٤٠
	السرعة	١٨٠	٢٢٠	٢٨٠	٣٢٠	٤٤٠

القدرة بالحصان والتصرف بالمتر المكعب في الساعة والسرعة باللفة في الدقيقة

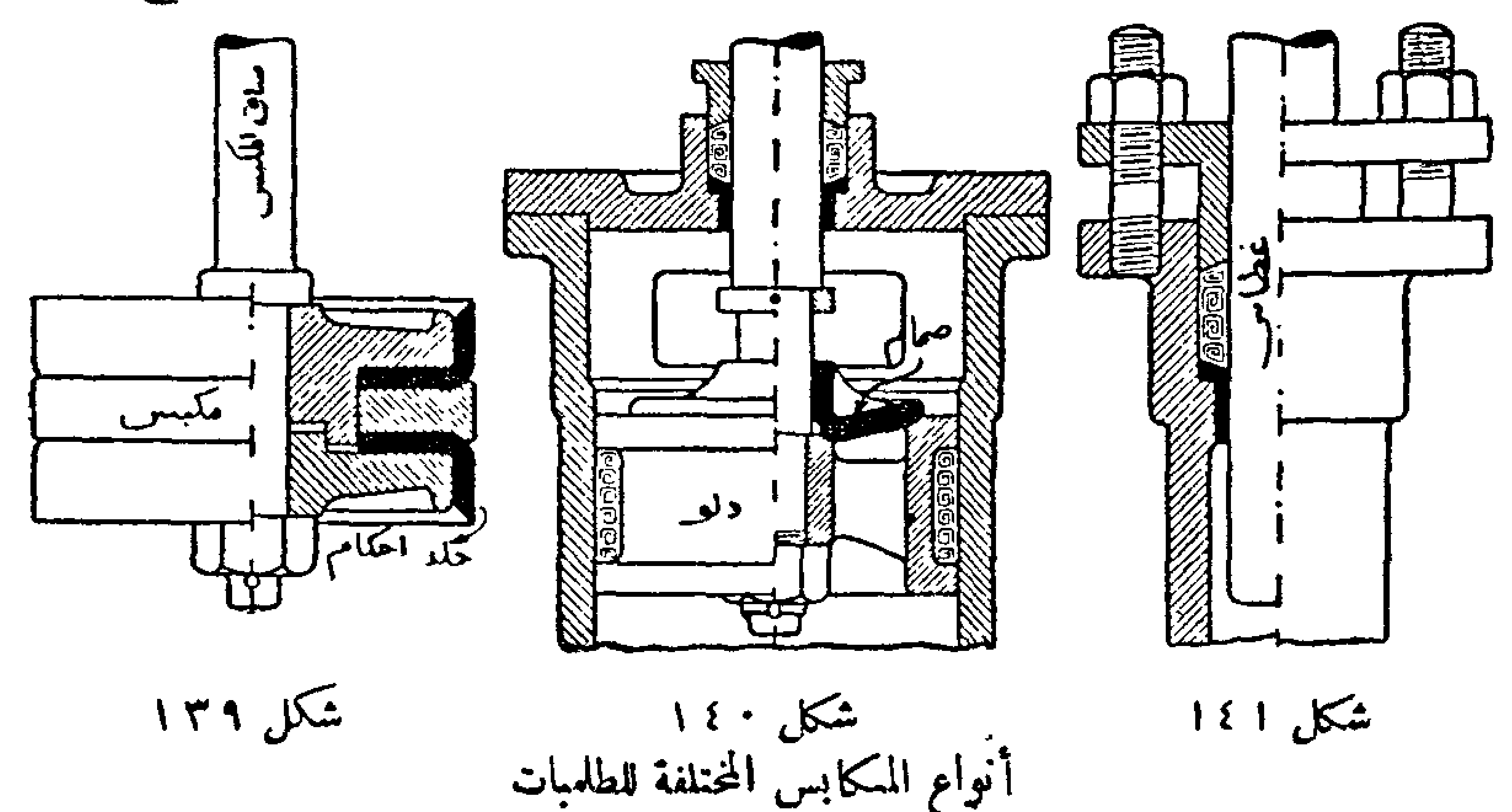
١٢٦ ـ **الطلمبات الترددية للسوائل** ـ تتكون هـذه الطلمبات من أسطوانة من الزهر يتحرك فيها مكبس بحركة ترددية مستمدة أما من مرفق وذراع توصيل أو من مكبس محرك بخاري رأساً ويتحكم في دخول السائل عند شوط المص وخروجه عند شوط الكبس صمامات أتوماتيكية تفتح وتغلق بتأثير الضغط في الاسطوانة . ويمكن تقسيم الطلمبات الترددية الى ثلاث أقسام بحسب شكل المكبس المستعمل : ـ

أ ـ الطلمبات ذات المكبس ويستعمل فيها مكبس أصم محكم بين جدران الاسطوانة الداخلية .

ب ـ الطلمبات ذات الدلو ويستعمل فيها مكبس محكم ولكن به صماما يسمح بنفاذ السائل .

حـ ـ الطلمبات ذات الغطاس وفيها تتحرك أسطوانة صماء تسمى الغطاس قطرها الخارجي أقل من القطر الداخلي للاسطوانة الثابتة .

والاشكال من ١٣٩ الى ١٤١ تبين الفرق بين الانواع الثلاثة للمكابس . ولكل من هذه الانواع أستعماله الخاص فتستعمل الطلمبات ذات الدلو في العاده عندما يكون المرادمص كميات قليلة من الماء من عمق ليس ببعيد بدون رفع . وخير

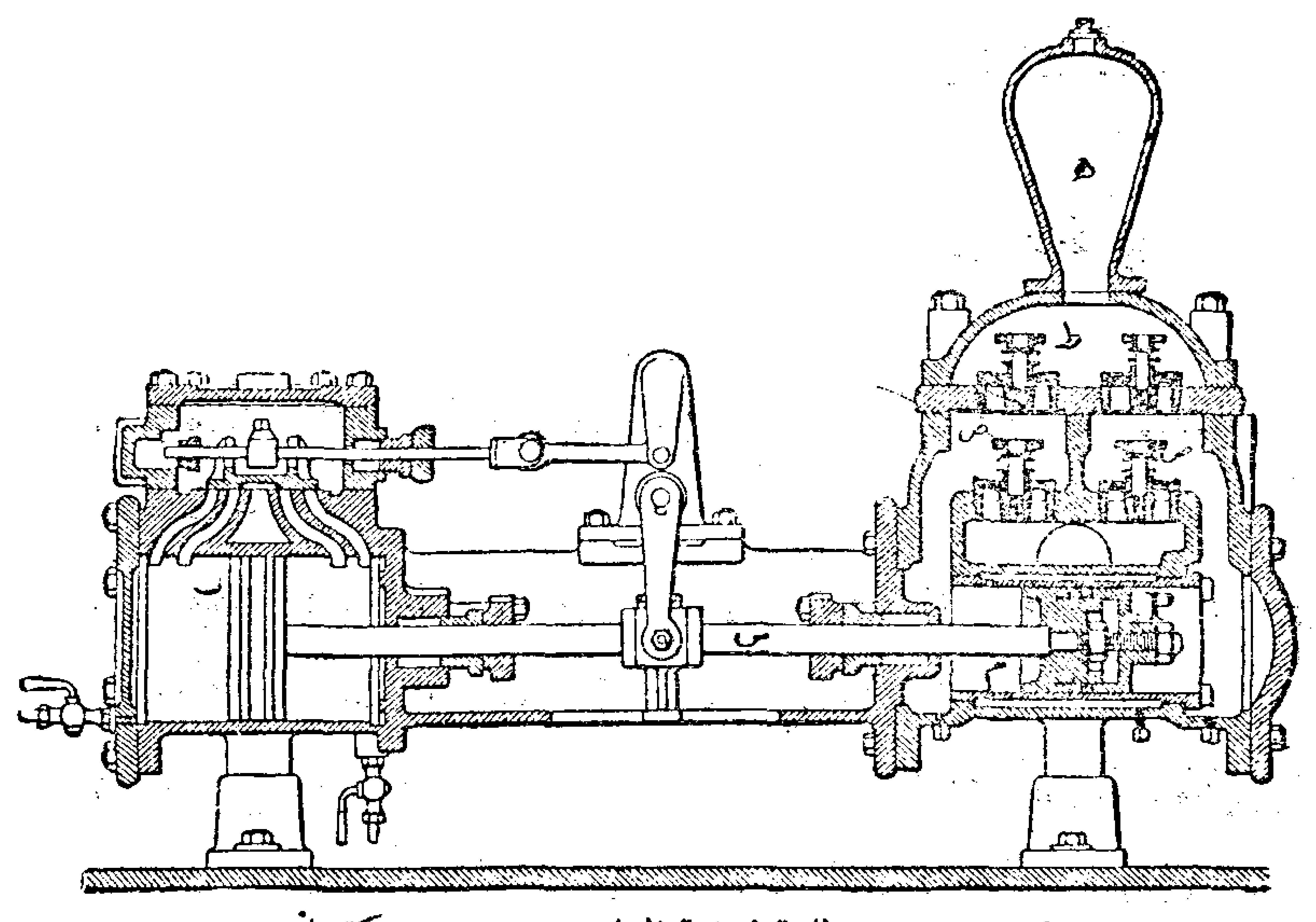


شكل ١٣٩ شكل ١٤٠ شكل ١٤١

أنواع المكابس المختلفة للطلمبات

مثال يشاهد كثيرا في مصر هى طلمبة اليد البسيطة المستعملة لرفع الماء من الآبار الارتوازية . وتستعمل الطلمبات ذات المكابس لمص الماء من أعماق قليلة ولكن

يراد ضغطه لضغوط أو ارتفاعات عالية نوعا ما وتستعمل كثيرا لتغذية المراجل بالماء وشكل ١٤٢ يبين قطاعا طوليا في طلمبة تغذية من صنع شركة تانجي وفيها تتصل مكابس الماء م بالمكابس البخارية ب مباشرة بواسطة الساق المشترك س وتصنع هذه الطلمبات في الغالب مزدوجة الفعل بمعنى أنه بينما يكون أحد أوجه

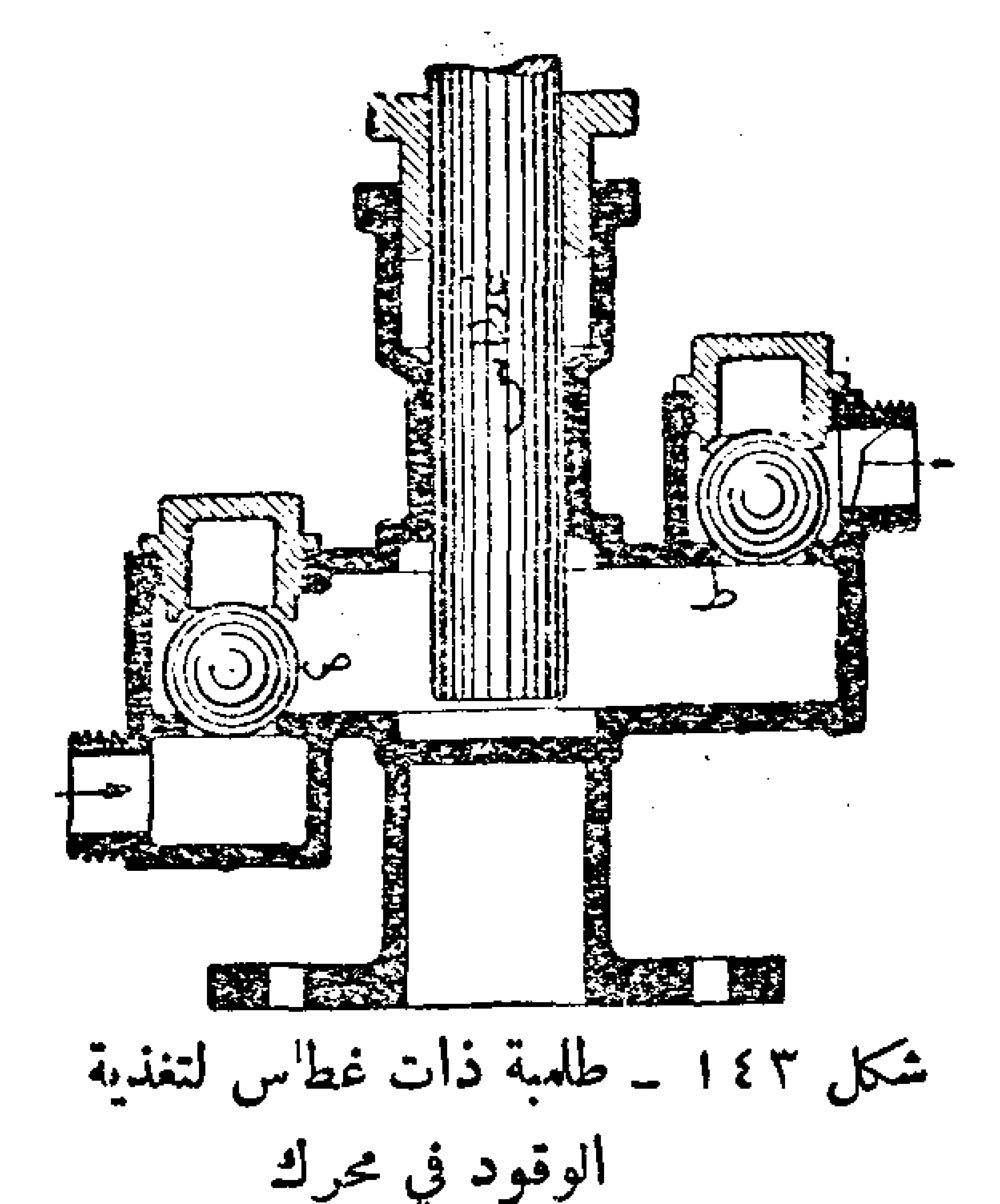


شكل ١٤٢ أ – طلمبة لتغذية المراجل من صنع شركة تانجي

المكبس ماصا للماء يكون الوجه الثاني كابسا له في الشوط الواحد . لذلك توجد أربعة صمامات على الاقل لكل أسطوانة مائية أثنين لكل من جانبها أحدها للمص ص والآخر للطرد ط . والصمامات المائية الاتوماتيكية غاية في البساطه أذ تتكون من قرص من الجلد أو الكاوتشوك مثبت من الوسط ويغطي شبكة مستديرة ينفذ منها الماء فيرفع جوانب القرص وينفذ من الفراغ الحلقي المتكون . وتجهز أغلب الطلمبات الترددية ذات الضغط العالي بأناء هوائي هـ ينفذ اليه الماء عند الطرد وينضغط فيه الهواء المحبوس وذلك حيطة مما عساه أن يحدث من الكسر أذا زاد ضغط الماء عن حد مقرر وأيضاً لتنظيم كمية الماء المغذاه .

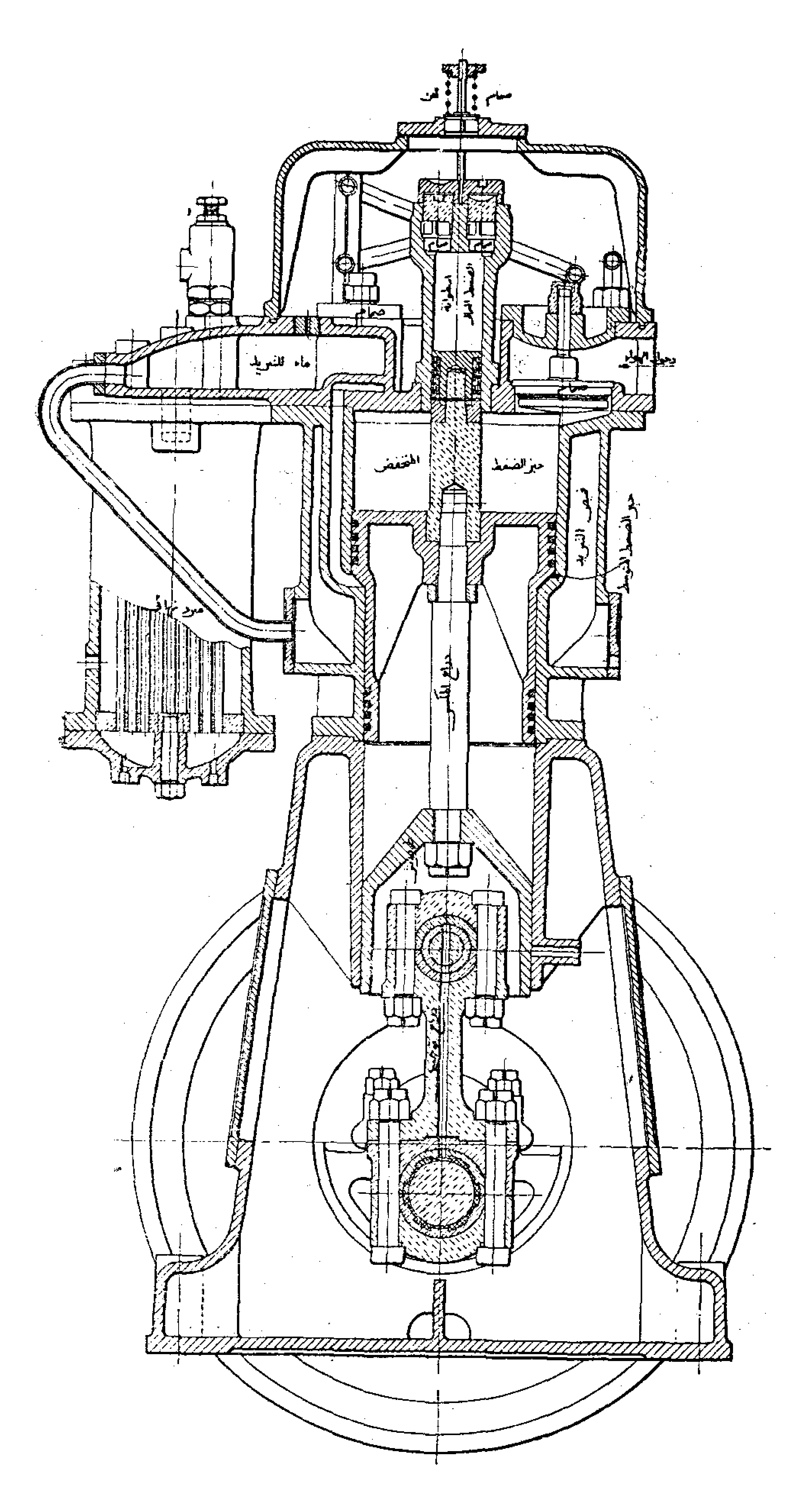
وعندما يكون المراد رفع كمية صغيرة من سائل الى ضغط هائل تستعمل الطلمبات ذات الغطاس وشكل ١٤٣ يبين طلمبة من هذا النوع لتغذية زيت

الوقود في محرك ذي احتراق داخلي . وهنا تتخذ الصمامات شكل كرات من الصلب ص ٯ ط تغطي فتحات مستديرة وتحفظ الكرات في أمكنتها كما يضبط مدى فتحها بواسطة صواميل خاصة .



شكل ١٤٣ ـ طلمبة ذات غطاس لتغذية الوقود في محرك

١٢٧ ـ ضواغط الهواء ـ يستعمل الهواء المضغوط في أدارة محركات هوائية خاصة في المناجم حيث ينتفع بالهواء المنصرف للتهوية وخوفا من أخطار الحريق التى ربما ينجم عن أستعمال أنواع المحركات الاخرى . ويستعمل الهواء المضغوط أيضاً في ادارة بعض أنواع العدد والآلات المستعملة في الورش مثل المثاقيب وآلات البرشام ومرازب الحدادة والأجنات الميكانيكية كما أنه يستعمل أيضاً في تشغيل الآلات الخاصة بالأعمال الانشائية مثل الأزاميل الميكانيكية لتكسير الأسفلت والخرسانة في الطرق الرئيسية ولنحت أحجار البناء وهلم جرا . ويضغط الهواء الى مايقرب من ثمان أجواء في ضواغط هوائية ماهى ألا طلمبات ماصه كابسه . وشكل ١٤٤ يبين ضاغط هوائي ثابت من صنع شركة ريفل لا يصعب على القاريء تفهم طريقة عمله من الرسم .وتختلف ضواغط الهواء عن الطلمبات المائية في ضرورة تبريد الهواء أثناء ضغطه في الاسطوانة وكذا قبل نفاذ الهواء المضغوط الى مستودعه . وتبرد الاسطوانات بقميص مائي كالمستعمل في محركات الاحتراق الداخلي يضاف الى ذلك في بعض الاحيان حقن قليل من الماء البارد داخل الاسطوانة نفسها.وتستعمل مبردات سطحية تشبه كثيرا مكثفات البخار السطحية في احتوائها على عدد عظيم من المواسير النحاسية الرفيعة لتبريد الهواء بعد ضغطه . ولاعتبارات حرارية ترمى للاقتصاد في صرف القدرة المحركة للضاغط تقسم عملية ضغط الهواء الى مراحل يتوقف عددها على الضغط



شكل ١٤٤ ـ ضاغط هوائي ثابت ذو ثلاث مراحل من صنع شركة ريفل

النهائي المطلوب ففي ضاغط الهواء لمحرك ديزل مثلا حيث يربو الضغط المطلوب على ستين جوا يختلف عدد المراحل من ثلاث الى أربع أما للضغوط المستعملة للمحركات والآلات الصناعية فلا يزيد عدد المراحل عن اثنين أو ثلاث على الاكثر .

١٢٨ ـ **آلات التبريد** ـ تشتغل أنظمة التبريد الاصطناعي على احدى نظريتين أو على النظريتين معا : ـ

أ ـ أذا تمدد غاز مضغوط من ضغط عال الى ضغط منخفض وكان هذا التمدد مصحوبا بتأدية شغل فأما أن درجة حرارة الغاز نفسه تهبط أذا كان محفوظا في حيز معزول أو أنه يمتص الحرارة مما حواليه أذا لم يكن محصورا بمادة عازلة للحرارة .

ب ـ أذا تبخر سائل بدون أن يسلط عليه منبع حرارة خارجى فأنه يمتص الحرارة اللازمة لهذا التبخر مما حواليه من مادة .

أذن يتبع نظام التبريد الاصطناعي الخطوات الآتية : ـ

(١) يضغط غاز أو مخلوط من سائل وبخاره في ضواغط خاصة الى مدى يتوقف على الخواص الحرارية والطبيعية للمادة المضغوطة التى تسمى وسيط التبريد وعلى درجة البرودة المطلوبة .

(٢) يبرد الغاز أو السائل المضغوط الى ما يقرب من درجة الحرارة الجوية في مبردات مائية أو هوائية .

(٣) يسمح لوسيط التبريد بالانتشار في أنابيب ملتوية موضوعة في السائل أو الغرفة المراد تبريدها وبذلك أما أن يتمدد الغاز أو يتبخر السائل وفي كلتي الحالتين تنخفض درجة حرارة المادة المحيطة بالانابيب .

(٤) يعاد الوسيط الى الضاغط وتكرر الدورة .

والمواد المستعملة كوسيط للتبريد في الآلات الحديثة هى الهواء أو النشادر (NH_3) أو حمض الكربونيك (CO_2) أو ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ولكل من هذه المواد خواص تجعلها أصلح من الاخرى لظروف معينة .

فالات التبريد الهوائية لا يكلف وسيطها شيئاً كما أنه لا يؤذي أحداً من العمال ولا يتلف المعادن ولكن الآلات تشغل حيزاً كبيرا وجودتها أقل من غيرها ولا يمكن الوصول الى درجات حرارة دنيئة بأستعماله لذلك فقد أصبحت الآلات الهوائية نادرة الاستعمال .

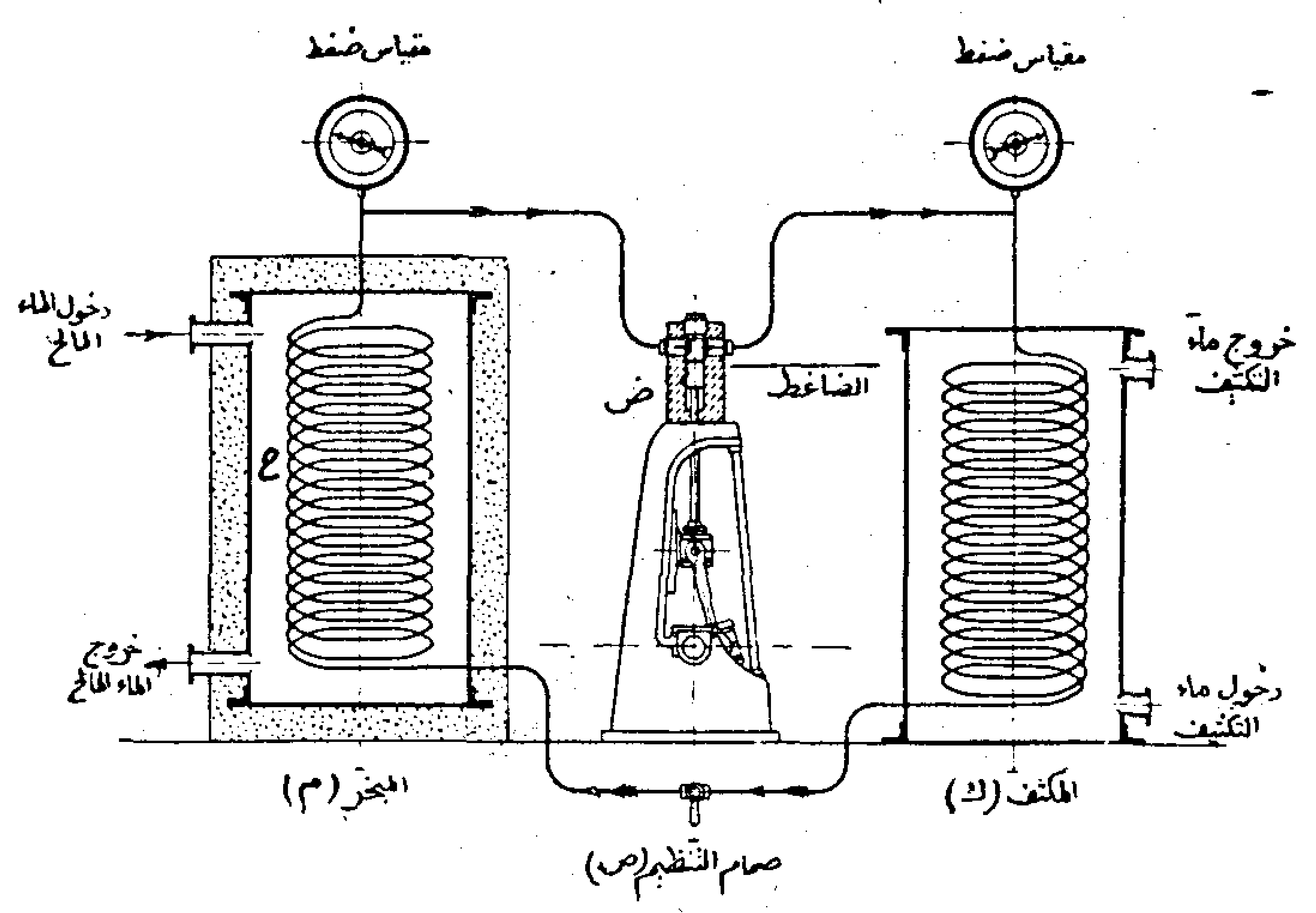
والات حمض الكربونيك تمتاز بصغر حجمها وعلو جودتها ورخص وسيطها وأمكان الوصول الى درجات حرارة دنيئة ولكنها تحتاج الى ضغوط عالية جدا (ما يقرب من ٧٠ جوا) لذلك فهى لا تستعمل ألا في المراكب البحرية للركاب لاهمية الاقتصاد في الحيز الذي تشغله الآلات .

والات ثانى أكسيد الكبريت عالية الجودة وسهلة التشغيل وضغوطها خفيفة ولو أن من وسيطها خطر على المعادن أذ بتفاعله مع الهواء وأختلاطه بالماء يتكون حمض الكبريتيك الشديد الفتك بالمعادن ولكن بأتخاذ التحوطات الكافية يمكن تقليل هذا الخطر الى حد بعيد لذلك فتستعمل هذه الآلات في خزانات التبريد المنزلية (الثلاجات الكهربائية شكل ١٤٦) وفي مصانع الثلج والتبريد الصغيرة .

وآلات النشادر هى أعم الآلات أستعمالا ويمكن القول بأن ٨٠ ٪ من التبريد الصناعي يستخدم فيه النشادر كوسيط التبريد وذلك لعلو جودة الآلات وسهولة أدارتها وطفافة الاخطار التي ربما تنشأ من أستعمال النشادر .

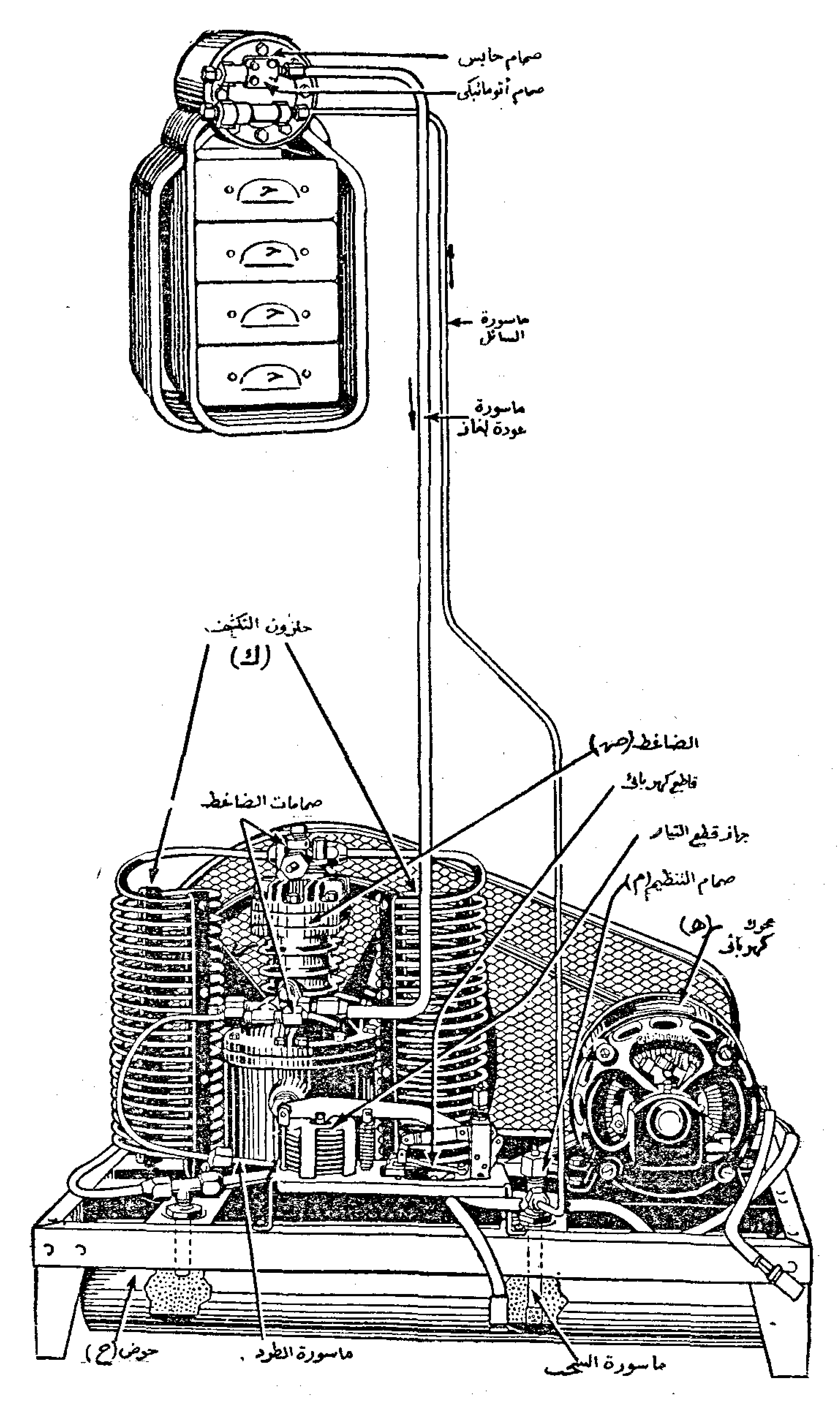
وشكل ١٤٥ يبين نظاما للتبريد الصناعي بواسطة حمض الكربونيك وفيه تضغط كمية من غاز ثانى أكسيد الكربون في الضاغط (ص) الى ما يقرب من ٧٠ كج على السنتيمتر المربع ثم يبرد الغاز المضغوط في المبرد المائي (ك) الى ما يقرب من درجة الحرارة الجوية ويسمى المبرد هذا في أغلب الاحيان مكثفاً لان جزءا كبيراً من الغاز المضغوط يتكاثف فيه الى سائل . يلى ذلك الخطوة الثالثة من دورة التبريد وهى السماح للمادة المضغوطة بالانتشار أو التخلخل من خلال

صمام التنظيم (ص) الى المبخر (م) . وفي انتشار المادة داخل الأنبوبة الحلزونية (ع) تمتص الحرارة من السائل المحيط بها وفي غالب الاحوال يكون هذا السائل عبارة عن محلول مشبع من الماء والملح منعا لتجمده على درجات الحرارة المنخفضة. ويستخدم محلول الماء والملح هذا في تبريد ما يراد تبريده كصنع الثلج مثلا أو تبريد الاطعمة المحفوظة وهلم جرا .



شكل ١٤٥ — نظام التبريد الاصطناعي بواسطة ثاني اكسيد الكربون

وشكل ١٤٦ يبين نظام التبريد بواسطة ثانى أكسيد الكبريت في الثلاجات المنزلية التي اصبح أستعمالها منتشراً في أنحاء العالم المتمدن وتتكون من ضاغط (ص) يدار بواسطة محرك كهربائي صغير (ه) تنضغط فيه كمية من ثانى أكسيد الكبريت المحفوظ في الحوض (ع) وتبرد الماده بعد أنضغاطها في الانابيب الحلزونية (ك) بواسطة تيار هوائي من المروحة (ر) وتنظم كمية المادة التي يسمح بأنتشارها في انابيب التبريد بواسطة نظام أتوماتيكي يعمل على قطع التيار الوارد للمحرك عندما تهبط الحرارة الى الدرجة المطلوبة . وتوضع هذه المجموعة في أسفل الخزانة وتوصل المادة المبردة الى انابيب تحيط بأدراج صغيرة (ح) في أعلا الخزانه يصنع داخلها مكعبات الثلج بتجمد الماء النقي داخلها ثم يسمح للمادة بعد ذلك بدورة ملتوية حول جدران الخزانة لتبريد الأطعمة والفاكهة المحفوظة فيها قبل عودتها نهائياً الى الحوض (ع) حيث تنتهي الدورة .



شكل ١٤٦ ـ نظام التبريد في الثلاجات المنزلية

١٢٩ ـ **آلات الرفع** تنقسم آلات الرفع بالنسبة للقوة المحركة لها الى خمسة أقسام : ـ

(أ) يدويه (ب) بخارية (حـ) هوائية (ى) مائية (هـ) كهربائية

وبالنسبة لطبيعة حركتها يمكن تقسيم آلات الرفع الى ثلاثة أقسام رئيسية : ـ

أ ـ الآلات الدورانية وهى التي يمكن فيها تحريك الحمل بحركة دائرية في قوس محدود .

ب ـ الآلات الأستقامية وهى التي يمكن فيها تحريك الحمل في خط مستقيم

حـ ـ الآلات الدورانية والاستقامية وهى التي يمكن فيها تحريك الحمل بأي حركة ما .

ومجال أستعمال آلات الرفع واسع جدا فتستعمل أنواع خاصة منها في الورش ودور الصناعة ودور توليد القدرة لرفع ونقل القطع الثقيلة من مكان لآخر ـ ومنها ما يستعمل لتحريك المصاعد في المنازل والمحلات التجارية ومخازن الاستيداع والمناجم العميقة الخ ومنها ما يستعمل في أعمال الصيانة في السكك الحديدية وخطوط الترام ومنها ما يستعمل لدق الخوازيق ولدك الاساسات في المنشئات المدنية وهلم جرا مما لا يقع تحت حصر . غير أن جميع هذه الآلات مهما أختلفت الاغراض المستعملة لاجلها وتنوعت أشكالها تشتغل على نظام واحد تقريباً وينحصر هذا النظام في الحصول على فائدة ميكانيكية بتحويل حركة المحرك السريعة الى حركة بطيئة بواسطة تعاشيق مسننة أو حبال ملفوفة على مجموعات من البكر المختلف الاقطار وأوجه الاختلاف الاساسية في آلات الرفع تنحصر في : ـ

(١) تعشيقة الرفع

(٢) تعشيقة حركة الحمل المطلوبة في غير أتجاه الرفع

(٣) أنظمة ضمان نزول الحمل المرفوع تدريجياً وأجهزة الامن

(٤) شكل أطار أو جسم الآلة الرافعة

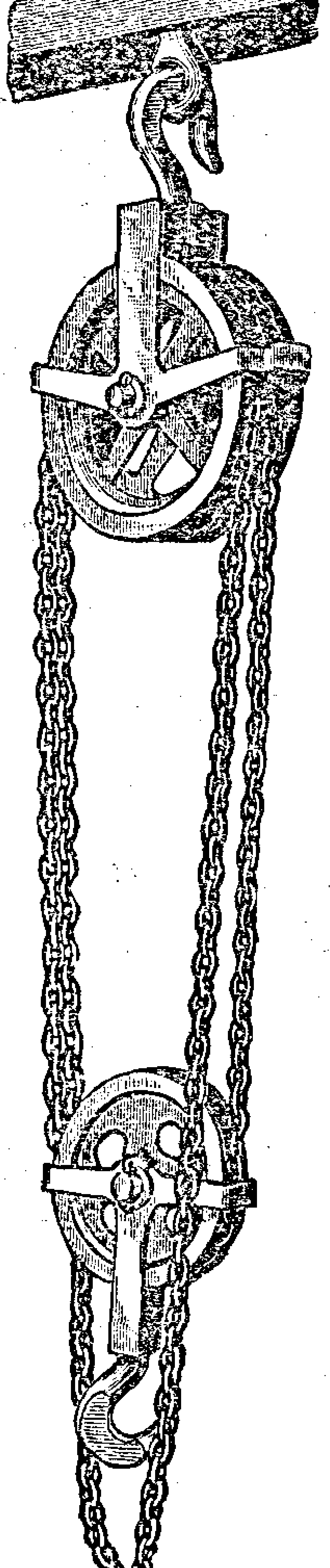
وفيما يلي أمثلة لبعض آلات الرفع المشاهدة كثيرا في مصر مع شرح موجز لكل منها : ـ

شكل ١٤٧

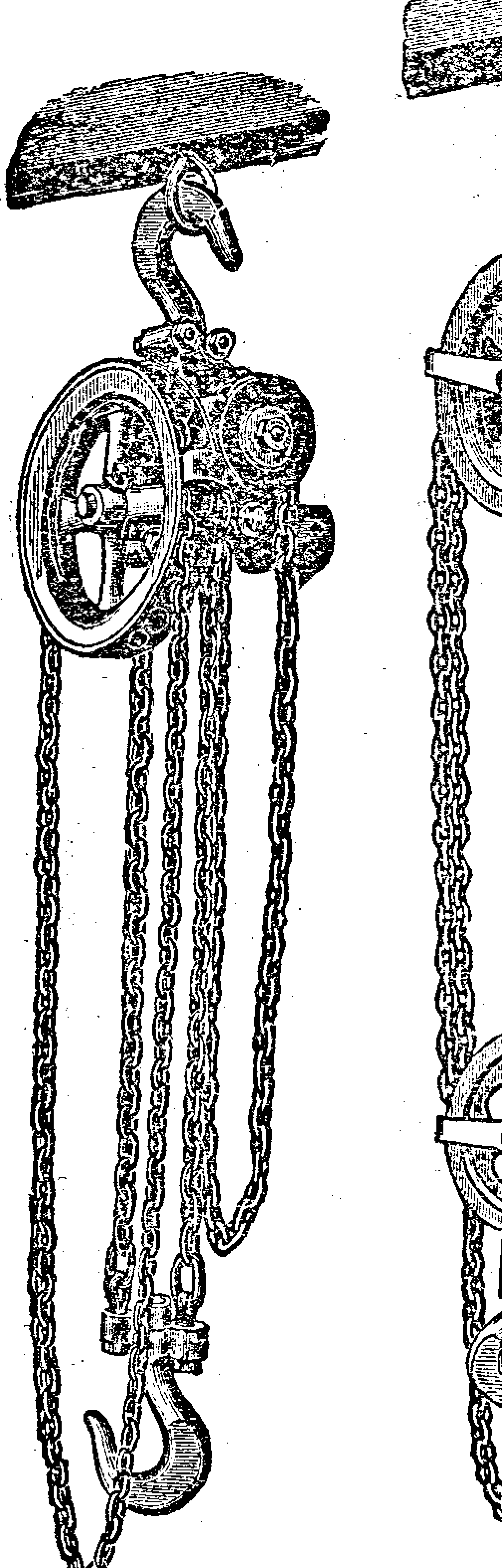
ونش يدوي ذو عجلات مسننه .
بأدارة اليد ا تنتقل الحركة
بواسطة العجلات المسننة الى
الطنبور ط الملفوف حوله حبل
الرفع ر على الوجه الآتي :ـ

من ب الى جـ
ثم من ى الى هـ
ثم من و الى م

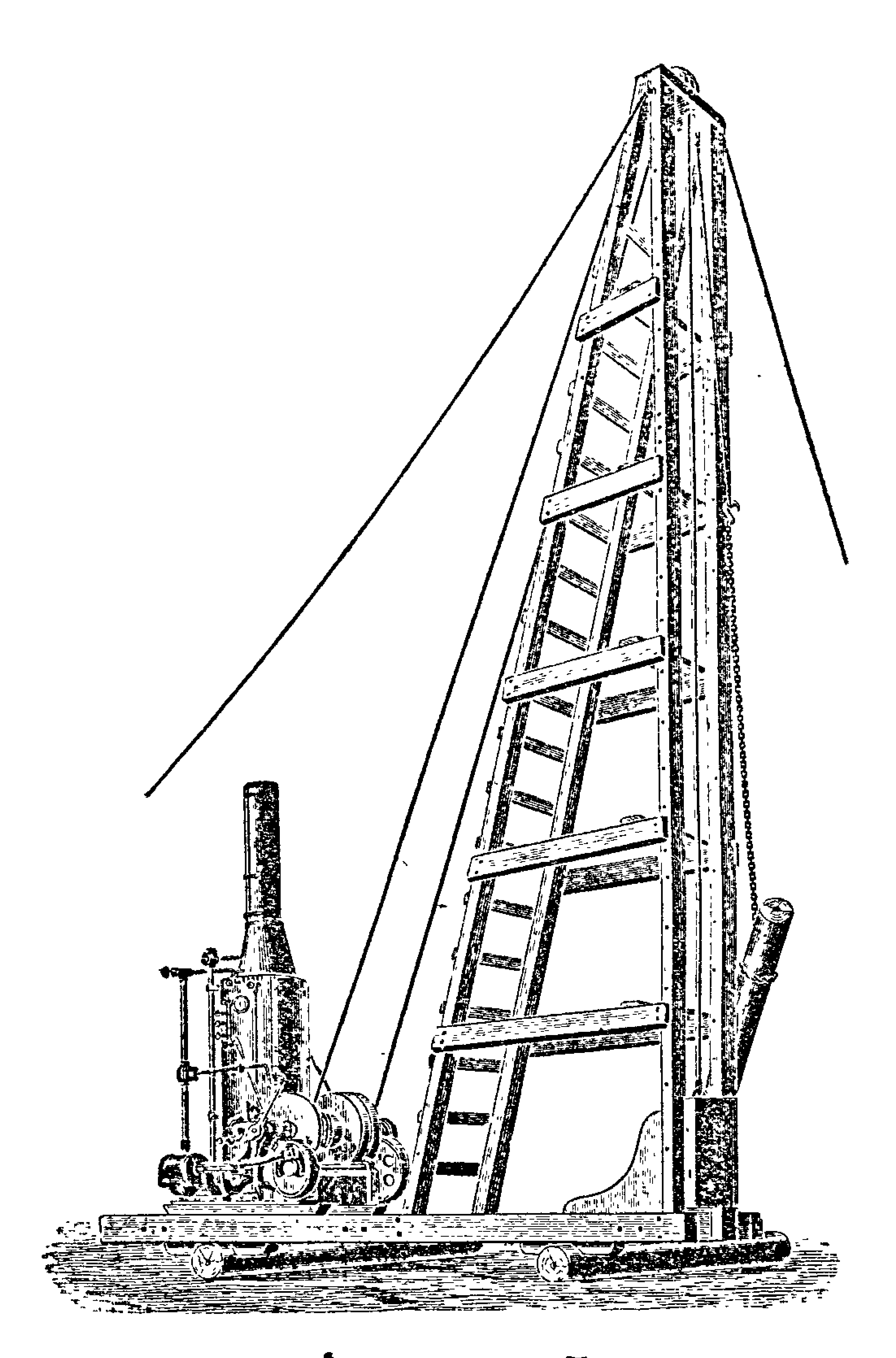
وفي هذا الانتقال تخفض
سرعة اليد بنسبة كبيرة جدا
وبذلك يمكن رفع أحمال كبيرة
بقوى صغيرة.



شكل ١٤٨ ـ عيار يدوي ذو بكاره
وفيه يلف الجنزير حول بكرتين
بجوار بعضهما احدهما أصغر قليلا
من الاخرى



شكل ١٤٩ ـ عيار يدوي ذو بريمة.
وفيه تخفيض السرعه بواسطه بريمة.
معشقة في عجلة مسننة

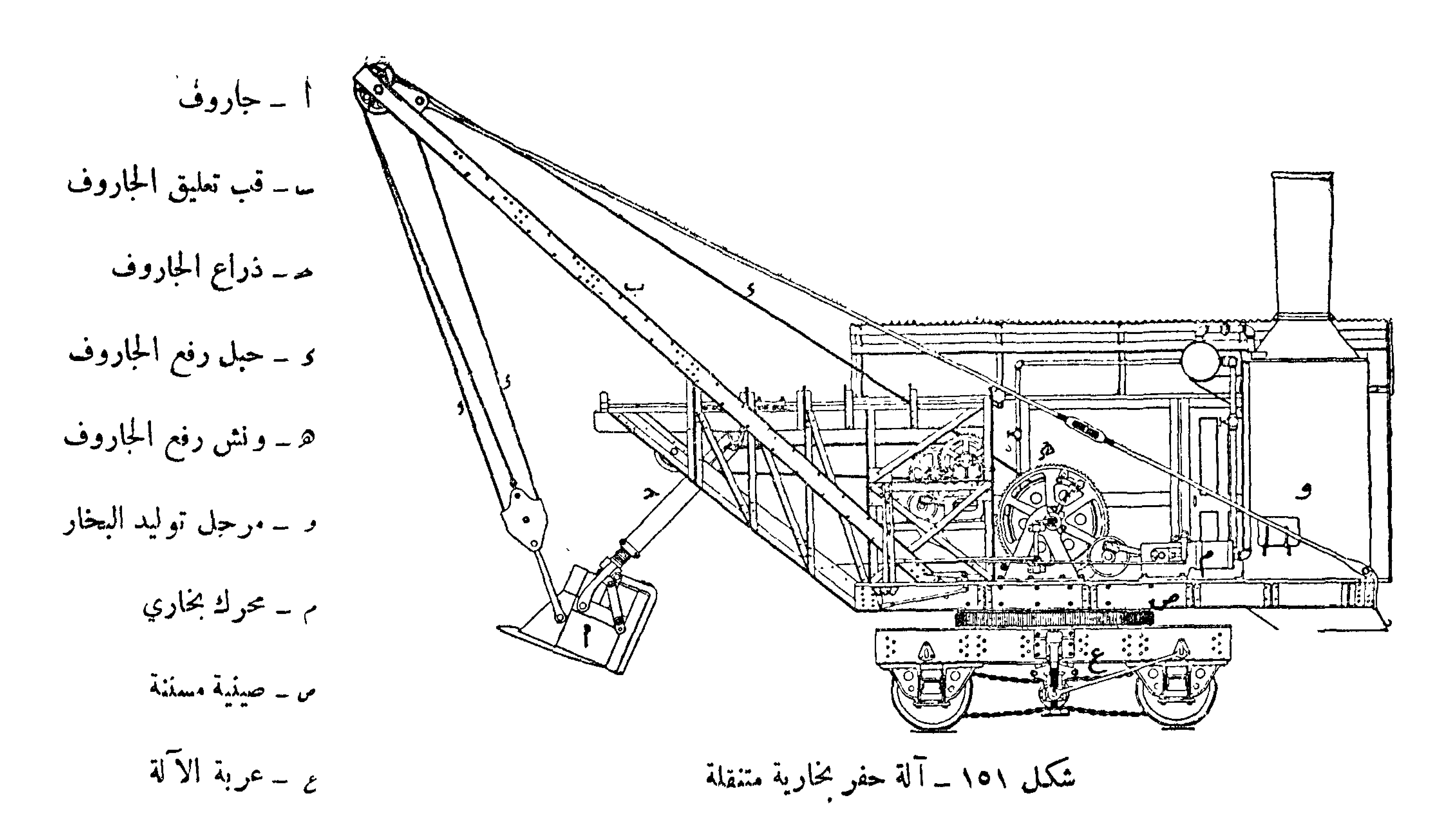


شكل ١٥٠ ـ آلة لدق الخوازيق أو دك الاساسات

مكونة من برج من الحديد أو الخشب مركب في رأسه بكرات يمر حولها حبل من الصلب تتصل أحدى نهايتيه بونش بخاري ويربط في الطرف الآخر مرزبه ثقيلة ترفع لاعلا البرج ثم تترك لتسقط على رأس الخازوق . وفي حالة دك الاساسات تتخذ المرزبة شكل مخروطي يتجه رأسه الى أسفل ويترك ليسقط من اعلا البرج الى الارض فيدكها .

١٣٠ ـ **آلات الحفر والكراكات** ـ اصبحت أعمال الحفر التى تستدعيها المنشئات المدنية مثل أساسات الكباري وأنشاء الطرق وشق الترع كما أن تطهير الترع بدون احتياج الى تجفيفها وتعميق المجاري الملاحية واحواض الموانى الخ أصبحت تنفذ كل هذه الاعمال الآن بواسطة الآلات لما في ذلك من توفير في الوقت والاقتصاد في استخدام العمال كما تستدعي طبيعة بعض الاعمال ضرورة استعمال الآلات ولو أنه لا تزال مصر متأخرة من هذه الوجهة لكثرة الايدي العاملة ولرخص اجور العمال ولكنه سوف لا تمضي سنون قليلة حتى يعم استعمال الآلات جميع مرافق الحياة العملية في مصر مما تشاهد بوادره الآن . وشكل ١٥١ يبين آلة حديثة للحفر مكونة من جاروف (ا) معلق بحبال معدنية من رأس القب (ب) ويتحرك بحركة دائرية رأسية حول مفصل الذراع (حـ) وهذه الحركة مستمدة من حبل آخر (ى) ملفوف حول مجموعـة من البكر يشد أحـد أطرافه بأدارة طنبور الونش البخاري (هـ) . ويركّب الجميع على صينية يمكن أدارتها في دائرة كاملة كما أن الصينية محمولة على عربة يمكن نقلها من مكان لآخر على قضبان حديدية . والآلة البخارية التي تدير الونش هى التي تدير الصينية حول مركزها وهى أيضاً التي تحرك الآلة على قضبانها بتعاشيق مناسبة .

وشكل ١٥٢ يبين نوعا حديثاً من الكراكات العائمة واجزائها الرئيسية . وطريقة عملها هى أن يدلى ذراع الى قاع الترعة وفي نهاية الذراع أسلحة متينة تدار بعامود خاص لتكسير وتحريك ما يراد رفعه من القاع حتى يصبح بخلطه بالماء على شكل سائل كثيف فيمص هذا السائل بواسطة طلمبات مروحية خاصة من خلال الماسورة المثبتة بمحاذات الذراع الى داخل الكراكة ومن ثم يقذف الى الاراضي الزراعية القريبة وشكل ١٥٣ يبين تفصيلا لنهاية الذراع مرتكزا على قاع الترعة وفي طراز آخر من الكراكات تدلى قواديس او مجارف ذات شفاه حادة الى قاع الترعة وتجرف ما به من مواد وترفعه الى حيز خاص في الكراكة حتى



أ ـ جاروف

ب ـ قب تعليق الجاروف

حـ ـ ذراع الجاروف

ى ـ حبل رفع الجاروف

هـ ـ ونش رفع الجاروف

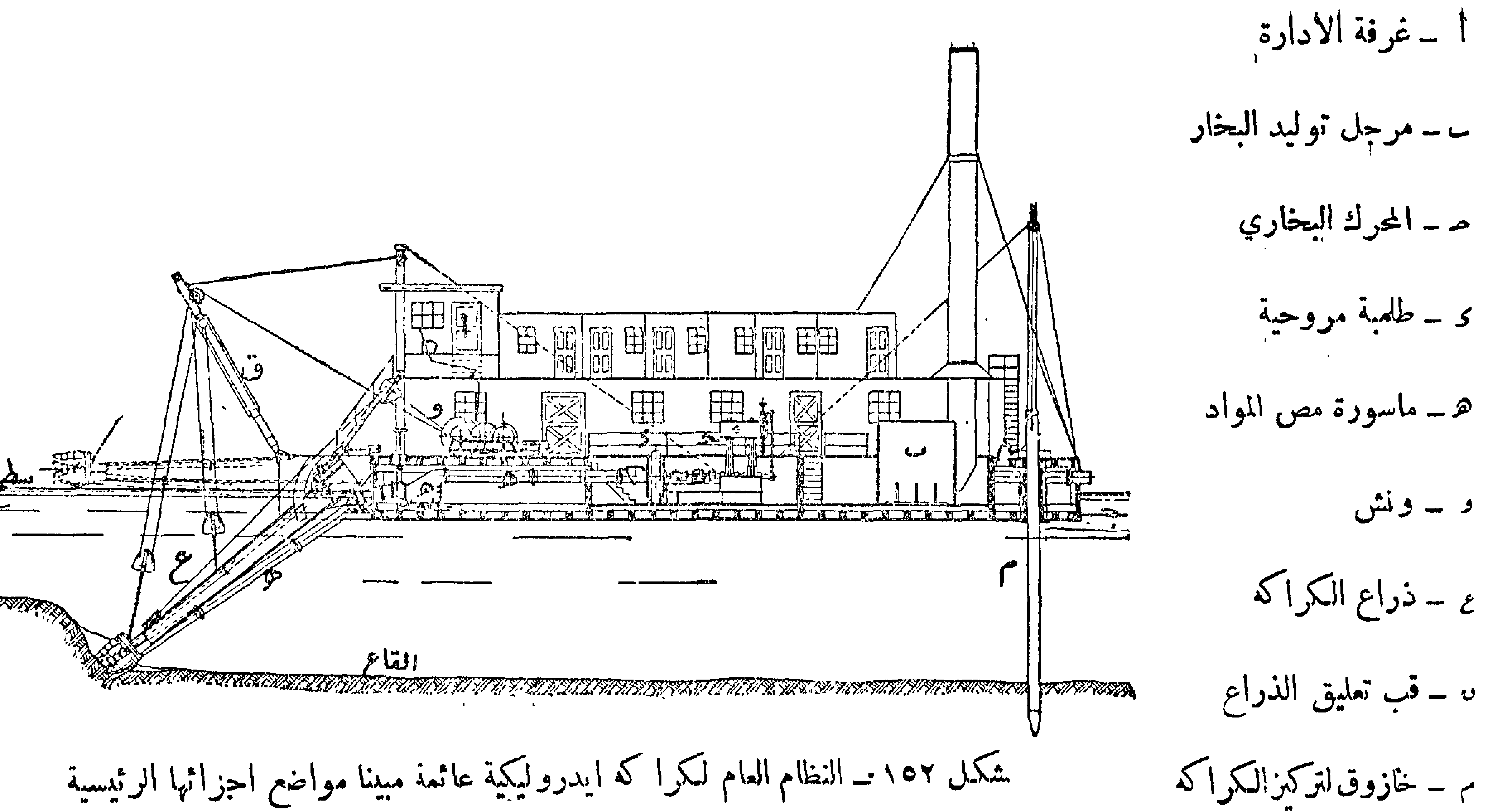
و ـ مرجل توليد البخار

م ـ محرك بخاري

ص ـ صينية مسننة

ع ـ عربة الآلة

شكل ١٥١ ـ آلة حفر بخارية متنقلة



شكل ١٥٢ ـ النظام العام لكراكه ايدروليكية عائمة مبينا مواضع اجزائها الرئيسية

أ ـ غرفة الادارة

ب ـ مرجل توليد البخار

حـ ـ المحرك البخاري

د ـ طلمبة مروحية

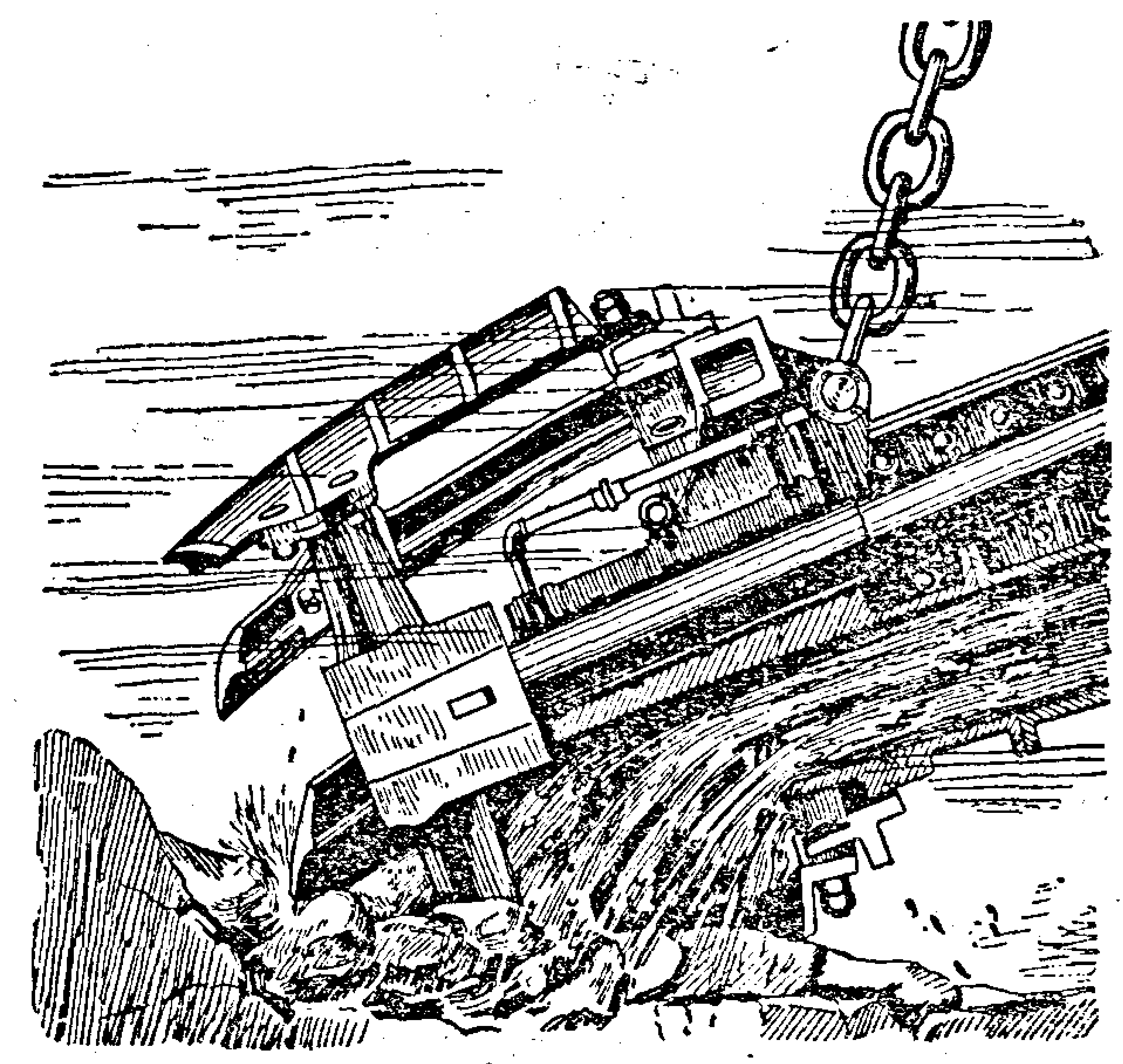
هـ ـ ماسورة مص المواد

و ـ ونش

ع ـ ذراع الكراكه

ق ـ قب تعليق الذراع

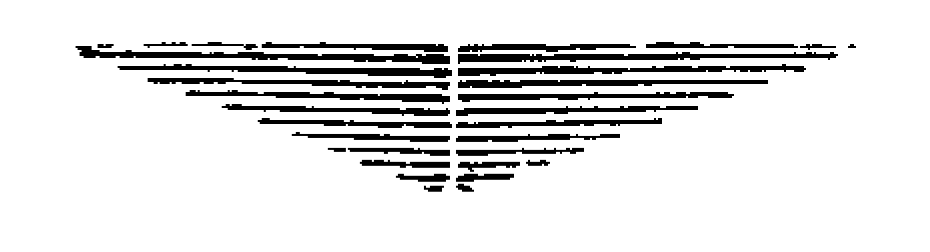
م ـ خازوق لتركيز الكراكه



شكل ١٥٣ ـ تفصيل نهاية ذراع الكراكة العائمة المبينة بشكل ١٥٢

تمتلىء فتعود الى الشاطيء لتفريغ حمولتها ثم تعاود الكره . ويستعمل النوع الاخير هذا للتطهير في البحار عند مداخل الموانيء حيث يكون الشاطيء بعيدا أو لامر ما لا يسهل قذف المواد عقب جرفها من القاع مباشرة .

انتهى



المراجع

BIBLIOGRAPHY

Applied Mechanics *by D. A. Low*

Audel's Engineers & Mechanics Guides

Direct Current Electrical Engineering *by J. R. Barr*

Engines *by C. Andrade*

Heat Engines *by D.A. Low*

Steam Engine Theory and Practice *by William Ripper*

The Steam Engine and Gas & Oil Engines *by John Perry*

Catalogues, Illustrations & Handbooks From The Following Engineering Firms :-

Messrs.,
Babcock & Willcox, Tangye, Crossley, Citroyen, Solex, Worthington, Hall, Frigidaire, etc, etc.

لا يفوت المؤلف الاعتراف بما للمؤلفات والمراجع المذكورة عاليه من فضل في وضع هذا الكتاب لما أقتبسه منها من رسوم وأشكال .

مجموعة الاصطلاحات الفنية العربية المستعملة فى أبواب الكتاب

وما يقابلها بالانجليزية

GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS

الفصل الاول

صفحة		
١	الحركة	Motion
	استقامية	Rectilinear
	دائرية	Rotational
	السرعة	Velocity
٢	السرعة الخطية	Linear Velocity
	السرعة الدائرية	Angular Velocity
	العجلة	Acceleration
٤	القوة	Force
	الكتلة	Mass
	القوة المركزية الطاردة	Centrifugal Force
٥	القوة المركزية الحافظة	Centripetal Force
	عجلة التثاقل	Gravity Acceleration
	عزم	Moment
١٦	العزم الاول	First Moment
	عزم القصور الذاتى	Moment of Inertia
	نصف قطر القصور الذاتي	Radius of Gyration
٦	الشغل	Work
٧	الطاقة	Energy
	الطاقة الوضعية	Potential Energy
٨	الطاقة التحركيه	Kinetic "
	التقصير	Retardation
٩	الطاقة الحرارية	Heat Energy
	الكالوري	Calory
	الوحدة الحرارية الانجليزية	B.Th.U.
	الوحدة الحرارية المئينية	C. H. U.
١٠	الطاقة الكيميائية	Chemical Energy
	الطاقة الكهربائيه	Electrical "
	الضغط الكهربائي	Electric Potential
١١	القدرة الحرارية	Calorific Power
١٢	مخلفات زراعية	Vegetable Refuse
	غاز الاستصباح	Town Gas
	المعادل الميكانيكي للحرارة	Mechanical Equivalent of Heat
١٣	القدرة الميكانيكية	Mechanical Power
	قدرة الحصان	Horse-Power
١٣	الطاقة الكهربائيه	Electrical Energy
	كمية التيار	Current
	كيلوات	Kilowatt
١٦	الفقد	Losses
	طلمبة	Pump
	محرك	Engine
	ونش	Crane
	محرك كهربائى	Electric Motor
	جودة	Efficiency

الفصل الثاني

صفحة		
١٨	الموارد الطبيعية للطاقة	Natural Sources of Energy
	الطاقة الذرية	Atomic Energy
	اللطع الشمسية	Sun Spots
	زوابع ذرية	Electronic Storms

صفحة		
	الكهرباء الجوية	Atmospheric Electricity
	الرعد والبرق	Thunder & Lightning
٢١	المد والجزر	Tides
	قناطر حجز	Barrage
	المد	Flow; High Water
	الجزر	Ebb; Low Water
	طوربينات مائية	Water Turbines
	الامواج البحريه	Sea Waves
	رافعه	Lever
	سقطه	Ratchet
	عجلة مسننة	Ratchet Wheel
	معشقة	Geared
٢٢	الرياح	Winds
	ابراج مأطورة	Framed Towers
	طواحين الهواء	Wind Mills
	المراوح الهوائيه	Wind Sails
٢٤	قطع مكافيء	Parabola
	بؤره	Focus
	تتركز	Concentrate
	محركات بخاريه	Steam Engines
	مساقط المياه	Water Falls
	الاسمده الازوتيه	Nitrogenous Manures
٢٥	الابحاث الطبيعية	Physical Research
	كهربات	Electrons
	نواه	Nucleus

الفصل الثالث

صفحة		
٢٦	توليد البخار	Generation of Steam
	المراجل	Boilers
	درجة التبخر	Boiling Point
	الحرارة النوعية	Specific Heat
	الحرارة المحسوسه	Sensible Heat
	الحرارة الكامنة	Latent Heat
٢٧	بخار مشبع	Saturated Steam
	» » جاف	Dry „ „
	» » رطب	Wet „ „
	نسبة الجفاف	Dryness Fraction
	الحراره الكليه	Total Heat
	البخار المحمص	Superheated Steam
	درجة حرارة التحميص	Degree of Superheat
	الضغط المطلق	Absolute Pressure
٣١	المراجل ذات مواسير اللهب	Fire-tubular Boilers
	المراجل ذات مواسير الماء	Water-tube Boilers
	غازات الاحتراق	Flue Gases
	غلاف اسطواني	Cylindrical Shell
	صلب طري	Mild Steel
	قرص مسطح	Flat Disc
	صاج	Sheet metal
	غطاء محدب	Convex Cover
	ماسورة اللهب	Flue Tube
	مصبعات النار	Fire Bars
	طوب الحرارة	Fire Bricks
٣٢	مجمع الرماد	Ash Pit
	باب الوقود	Fire Door
	صمام أمن	Safety Valve
	صمام أمن ذو رافعه ومنبه لانخفاض مستوى الماء	High Water Alarm & Lever Safety Valve
	باب التنظيف	Inspection Door
	مأخذ البخار	Steam Collector

صفحة		
	صمام حابس	Stop Valve
	حنفية تصفية	Blow - off Cock
٣٣	قطاع عرضي	Cross Section
	بطارية مراجل	Battery of Boilers
٣٤	مرجل القاطرة	Locomotive Boiler
	مواسير الدخان	Smoke Tubes
	الفرن	Fire Box
٣٥	الجربنديه	Smoke Box
	المدخنة	Chimney, Stack, Funnel
٣٦	ممرات رأسيه	Headers
	مستودع الرواسب	Mud drum
	قواطيع	Baffles
	طين اسوانلي	Fire Clay
٣٨	الفرن	Furnace
٤٠	تراكيب	Fittings, Mountings
	صمام أمن ذو حمل مباشر	Dead Weight Safety Valve
	صمام أمن ذو رافعه	Lever Safety Valve
٤١	صمام أمن ذو زمبلك	Spring Loaded Safety Valve
	مقياس الضغط	Pressure Gauge
	قطاع مسنن	Toothed Quadrant
	عجلة مسننه صغيره	Pinion
	زجاجة البيان	Gauge Glass
٤٢	صمام حابس	Stop Valve
	حنفية تصفيه	Drain or Blow-off Cock
	رواسب	Sediment
	صمام غير رجعي	Non - return Valve
٤٣	عوامه	Float
	ثقل اتزان	Balance Weight
	حد سكين	Knife Edge

صفحة		
	طلمبة تغذيه	Feed Pump
	توابع المراجل	Boiler Accessories
	غرفه المراجل	Boiler Room
٤٤	مرشح	Filter
	مسخن	Heater
	مجفف البخار	Steam Separator
	جهاز تصفيه الماء المتكاثف	Steam Trap
٤٤	املاح معدنيه	Mineral Salts
	مياه ارتوازيه	Hard Water
	حوض القياس	Measuring Tank
	محلول	Solution
	مسخنات ماء التغذيه	Feed Water Heaters
	اجهاد	Stress
	موفر	Economiser
٤٦	بخار حر	Live Steam
	بخار عادم	Exhaust Steam
	سناج الفحم	Soot
	حاقن	Injector
	بوق	Nozzle
	بوق مزدوج	Double Nozzle
	طلمبه ترددیه	Reciprocating Pump
٤٧	محمصات البخار	Superheaters
٤٩	مصبعات ميكانيكيه	Mechanical Stoker
	رجوع الفحم	Coal Dust
٥٠	المواد الطياره	Volatile Matter

الفصل الرابع

صفحة		
٥١	المحرك البخاري الترددي	Reciprocating Steam Engine
	وسيط نقل الحراره	Working Medium

صفحه		
	الجوده الميكانيكيه	Mechanical efficiency
	مكثف بالانصباب ـ مكثف مزجي	Jet Condenser
	مكثف سطحي	Surface Condenser
٦٢	الضغط الخلفي	Back Pressure
٦٣	رذاذ	Spray
	طلمبة الهواء	Air pump
٦٤	ماء التكثيف	Condensing water
	البخار المكثف	Condensate
	طلمبه ماصه	Extraction pump
	لوح الانابيب	Tube plate.
٦٥	مدى التمدد	Degree of expansion
	ضغط المرجل	Boiler pressure
	ضغط الانصراف	Exhaust pressure
٦٦	اسطوانه الضغط العالي	High Pressure Cylinder
	اسطوانه الضغط المتوسط	Intermediate Pressure Cylinder
	اسطوانه الضغط المنخفض	Low Pressure Cylinder
٦٨	ثنائي تاندم	Tandem Compound
	ثلاثي نصف تاندم	Triple Semi - tandem
٦٩	الضغط الابتدائي	Initial pressure

الفصل الخامس

صفحه		
٧١	شمبر المكبس	Piston Ring
	مسلوبا	Tapered
٧٢	محكم	Tight

صفحه		
	رشح	Leakage
	الزهر الطري	Soft Cast Iron
	صلب مصبوب	Cast Steel
	الطربوش	Cross-Head
	جلبه الطربوس	Cross-Head Socket
٧٣	خابور مسلوب	Cotter
	بنز	Pin
	صدغ الطربوش	Cross-Head Cheek
	دليل الطربوش	Guide Bars
	قباقيب الطربوش	Cross-Head Slides
	ذراع التوصيل	Connecting Rod
٧٤	زر المرفق	Crank Pin
	النهايه الكبرى	Big End
	النهايه الصغرى	Small End
	لقمه نحاسيه	Brass Step
	حزام	Strap
	هشاشه	Hardness
	تبطين	Lining
	معدن السبيكه	White or Babbit Metal
	قصدير	Tin
	رصاص	Lead
	انتيمون	Antimony
	العض	Seizure
	غطاء	Cap
	ورده	Liner, Washer
٧٥	مرفق مفرد	Overhung Crank
	مرفق مزدوج	Centre Crank
	البعد المرفقي	Crank Radius
	الاكسنتريك	Eccentric
	الاختلاف المركزي	Eccentric Radius

الفصل السادس

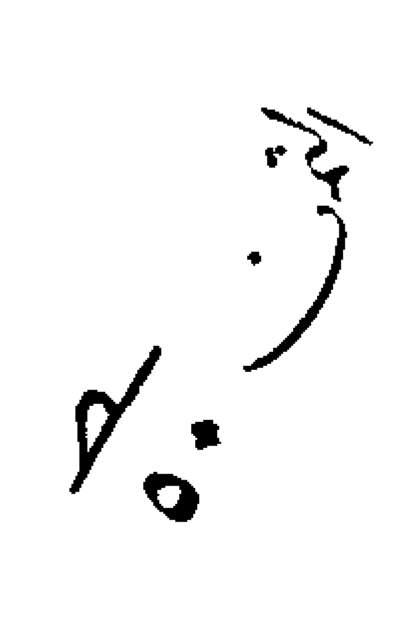
الفصل السابع

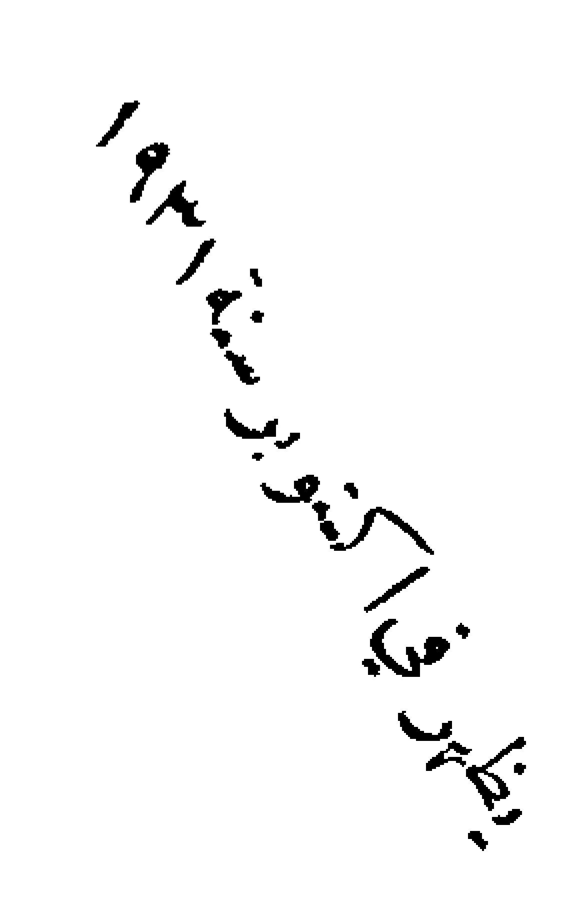
الفصل التاسع

تصحيح الأخطاء

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٦	١٢	وبين	بين
٢٤	١١	الأمريكة	الامريكية
٢٧	٣	$ع = ع_{1} + ول \{ (ت_{2} - ت_{1})$	$ع = ع_{1} + ول = \{ (ت_{2} - ت_{1})$
٣٢	—	شكل ب	شكل ٩
٤٦	٩	حيث ثمر	بحيث تمر
٤٦	١١	هباب	سناج
٦٠	—	$\frac{ص_{1} \times م \times ل \times ن}{٤٥٠٠} \times ....$	$\frac{ص_{1} \times م \times ل \times ن}{٤٥٠٠} + ...$
	—	$= \frac{م\ ل}{٤٥٠٠} (ص_{1} \times ص_{2}) \times ن$	$= \frac{م\ ل}{٤٥٠٠} (ص_{1} + ص_{2}) \times ن$
٦١	٣	$٠٫٠٤٣٦ (ص_{1} \times ص_{2}) \times ن$	$٠٫٠٤٣٦ (ص_{1} + ص_{2}) \times ن$
	٤	٠٫٠٤٣٦ (٢٫٨٦ × ٢٫٧٣)	٠٫٠٤٣٦ (٢٫٨٦ + ٢٫٧٣)
	٥	٥٨٫٠	٥٨٫٥
٦٢	١٠	القدرة المفقودة في الاحتكاك	القدرة المفقودة في الاحتكاك الفرملي
	١٥	المحركات المكثفة	المحركات ذات المكثف
٦٣	٢	فرق الضغط	فرق الضغطين
٦٤	٦	فيدخل ماء التكثيف من الفتحة (ا) ثم ينقسم الى تيارات صغيرة تمر من خلال النصف العلوي من الانابيب (ب) ثم .... ويعود من خلال النصف الاسفل من الانابيب (ى) ثم يخرج من الفتحة (ﻫ)	فيدخل ماء التكثيف من الفتحة (ﻫ) ثم ينقسم الى تيارات صغيرة تمر من خلال النصف الادنى من الانابيب (ى) ثم .... ويعود من خلال النصف العلوي من الانابيب (ب) ثم يخرج من الفتحة (ا) .

صفحة	سطر	خطأ	صواب
٦٤	١١	ا ـ مدخل ماء التكثيف	ا ـ مخرج ماء التكثيف
		هـ ـ مخرج ماء التكثيف	هـ ـ مدخل ماء التكثيف
٦٥			ضع الحروف ا ب حـ ى هـ على زوايا الشكل البياني مبتدئاً من الزاوية العليا على اليسار ومنتهيا بالزاوية السفلى على اليسار .
٧٤	٢	شكلي ٥٥ و ٥٦	شكلي ٥٤ و ٥٥
٧٥	١٠	السنتريك	الاكسنتريك
٧٧	٢	فهي تختزن الطاقة ....ثم تنبذها ..	فهي تخزن الطاقة .... ثم تعطيها..
٨٢	١	سمك شفة الصمام	سمك حافة الصمام
٨٤	٨	صمام	الصمام
٩٢	١٣	٢٠ ٪	١٥ ٪
٩٦	١٦	حافة المكبس	الحافة العليا للمكبس
٩٧	—	في التمثيل الغرافي لما يحدث داخل صندوق المرفق في كل من شكلي ٧٨ و ٧٩ لم تراع منتهى الدقة في الرسم فيتبين للقاري أن الضغط داخل صندوق المرفق اثناء شوط السحب يظل ثابتاً في شكل ٧٨ وأن الانضغاط يستمر الى نهاية الشوط في شكل ٧٩ .	والواقع أن الضغط يقل تدريجياً أثناء شوط السحب حتى يصير أقل من الضغط الجوي عند نهاية الشوط كما أن الانضغاط يستمر حتى تنفتح فتحة الدخول قبل نهاية الشوط فيسقط الضغط الى مايقرب من الضغط الجوي .
١٠١	١٤	بين ٢٠ و ٢٥	بين ١٠ و ٢٠
١٠٣	١٩	قرص ثلثي محيطه مستدير والثلث الباقي بارزا .	قرص مستدير به نتوء بارز على محيطه .
١٢٩	٩	الثاني	التالى





الميكانيكا التطبيقية

تأليف

كامل اسكندر Ph.D,M Sc. توفيق قسطندى (دبلوم الهندسه الملكية)
(مدرس بمدرسة الهندسة الملكية) (مدرس بمدرسة الفنون والصناعات ببولاق)

كتاب جامع لا يدانيه منافس بين المؤلفات العربية الفنية في هذا الفرع يحوي مقررات مدرسة الهندسة الملكية المصرية ومدارس الفنون والصناعات فهو لذلك يعد مرجعا للطالب والمهندس على السواء . يقع في أكثر من ٦٠٠ صفحة وبه أكثر من ٥٠٠ شكل وصورة

﴿ محتويات الكتاب ﴾

الحركه والقوه ـ العزوم ـ الشغل والقدره والجهد ـ الاجهاد المرن وأثره ـ انحناء الاعتاب ـ الاجهادات الناشئة من عزوم الانحناء وسهم الانحناء في الاعتاب ـ الاعمدة والضواغط ـ الالتواء ـ خواص المواد وطرق اختبارها وآلات الاختبار ـ مضلعات الاجهاد في المنشئات المأطوره ـ تصميم المنشئات المعدنية ـ تطبيقات منوعة لحساب الاجهاد ـ الاحتكاك والتزييت ـ تسخير الاحتكاك في الاعمال المفيده ـ نقل القدرة بالسيور والحبال ـ التعاشيق المسننة ـ الاشكال البيانيه للسرعة والعجله والجهد ـ تعاشيق منوعه لنقل الحركة ـ تعاشيق توزيع البخار وأشكالها البيانية ـ الحاكم ـ اتزان الآلات ـ مبادىء الايدروستاتيكا ـ مبادىء علم حركة المياه ـ المحركات المائية والطلمبات وآلات ايدروليكية منوعة .

الهندسة الكهربائية

تأليف

سيد فهمي بك M.Sc.	محمود الشيشيني Ph.D.	مصطفى حسن أبو غازى
مراقب التعليم الفني والصناعي	مدرس بمدرسة الهندسه الملكية بالجيزة	مدرس بمدرسة الفنون والصناعات ببولاق

ثلاث أجزاء ـ صدر منها الجزء الاول والباقي تحت الطبع

الهندسة الكهربائية

في الدينا موات والمحركات ذوات التيار الموحد الاتجاه وكل ما يتبعها

تأليف

يعقوب ميخائيل بطرس

خريج جامعة درهام والمدرس بمدرسة الفنون والصناعات ببولاق

الآلات الحرارية

الجزء الاول

الآلات البخارية ومراجلها

تأليف

محمود ابراهيم النمرسي بك

ناظر مدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق سابقاً

الرسم الميكانيكي

تأليف

محمد زكي راضي و أحمد عبده و ميشيل غليونجي

مدرسون بمدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق

الهندسة العملية

تأليف

توفيق قسطنري و كامل المصري

مدرسان بمدرسة الفنون والصناعات الملكية ببولاق

